

**VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Návrh parametrů vozidlového parku a technologické  
základny provozu lesní železnice**

**Rolling Stock Parameters and Technology Base  
Design of Forest Railway Operation**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Datum zadání:

prosinec 2011

Datum odevzdání:

květen 2012

Ostrava 2012

Bc. Ondřej Kobliha



## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Kobliha**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie  
Specializace: 10 Kolejová doprava  
Téma: **Návrh parametrů vozidlového parku a technologické základny provozu  
lesní železnice**  
**Rolling Stock Parameters and Technology Base Design of Forest  
Railway Operation**

Zásady pro vypracování:

Osnova:

1. Analýza vlivu provozních parametrů, stavebního uspořádání trati a podmínek provozu na technické parametry vozidlového parku.
2. Stanovení rozhodujících technických parametrů jednotlivých typů vozidel uvažovaného vozidlového parku obnovované lesní železnice.
3. Návrh technologického zázemí pro provozování navrženého vozidlového parku.
4. Provozně ekonomické hodnocení návrhů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Technické podklady uvažované železnice

Široký, J. Mechanika v dopravě II Příklady. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006.

Škapa, P. Provoz dep II. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004.

Podklady výrobců kolejových vozidel

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, C.Sc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo;
- беру на vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího závěrečné práce. Souhlasím s tím, že údaje o závěrečné práci, obsažené v abstraktu, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla naloženy (až do jejich skutečné výše);
- závěrečnou práci, aneb dílem se myslí bakalářská práce v případě bakalářského studia, diplomová práce v případě magisterského studia a disertační práce v případě doktorského studia.

**Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.**

V Ostravě .....

.....

Ondřej Kobliha

Ondřej Kobliha

Rajnochovice 263

Rajnochovice 76871



KOBLIHA, O. *Návrh parametrů vozidlového parku a technologické základny provozu lesní železnice*. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012, 70 s. Diplomová práce, vedoucí Šíroký, J.

ABSTRAKT: Diplomová práce se zabývá obnovením provozu lesní železnice v Rajnochovicích, která v minulosti sloužila ke svozu dřeva. Cílem diplomové práce je návrh vozidlového parku pro osobní turistickou dopravu a návrh technologického zázemí depa. Diplomová práce bere ohled na zachování historické a technické podobnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: Lesní železnice, obnova, vozidlový park, depo, návrh.

KOBLIHA, O. *Design parameters of the vehicle park and technological base of operations Forest Railway*. Ostrava: Institute of Transport Engineering, VSB-Technical University of Ostrava, 2012, 70 p. Thesis, supervisor Šíroký, J.

ABSTRACT: This thesis is concerned with restoring the forest railway in Rajnochovice village, which served for transport of the timber. The aim of this thesis is the design of rolling stock for passenger transport and tourist facilities technological design depot. This thesis takes into the account the preservation of historical and technical similarities.

KEY WORDS: Forest Railway, restoration, rolling stock, depot, project.

<b>1. PŘEHLED POUŽITÝCH OZNAČENÍ A JEJICH JEDNOTEK.....</b>	<b>7</b>
<b>2. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>10</b>
<b>3. ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
3.1 Rozvoj dopravně-technického muzejnictví .....	11
3.2 Arcibiskupská lesní železnice v Rajnochovicích .....	12
3.3 Analýza konkurence .....	13
3.4 cestovní ruch .....	15
3.5 Projekt obnovy Rajnochovské lesní železnice .....	16
3.5.1 Základní parametry původní trati .....	16
3.5.2 Návrhové prvky nové železnice .....	17
3.6 Dostupné podklady a informace .....	17
<b>4. ANALÝZA PODMÍNEK .....</b>	<b>19</b>
4.1 Analýza stavebního uspořádání trati .....	19
4.1.1 Parametry nové železnice: .....	20
4.1.2 Návrhové parametry trati .....	21
4.1.3 Návrhová rychlost .....	21
4.2 Analýza vlivu provozních parametrů .....	23
4.3 Analýza parametrů trati .....	24
4.4 Výpočet rozhodného stoupání trati $S_r$ [%] .....	27
4.5 Sklonové parametry .....	30
4.6 Podmínky provozu a technické parametry vozidlového parku .....	31
4.7 Výběr vozidel .....	31
4.7.1 Parní trakce .....	31
4.7.2 Elektrická trakce .....	33
4.7.3 Motorová trakce .....	36
4.8 Výběr hnacího vozidla .....	40
4.9 Návrh tažených osobních a nákladních vozů .....	41
4.9.1 Osobní zakrytý dvounápravový vůz .....	42
4.9.2 Letní dvounápravový nezastřešený osobní vůz .....	43
4.9.3 Osobní zastřešený vůz .....	44



4.9.4 Nákladní vůz .....	45
4.10 Výběr osobních tažených vozů .....	46
<b>5. STANOVENÍ ROZHODUJÍCÍCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ</b>	
<b>JEDNOTLIVÝCH TYPŮ VOZIDEL UVAŽOVANÉHO VOZIDLOVÉHO</b>	
<b>PARKU OBNOVOVANÉ ŽELEZNICE .....</b>	<b>47</b>
5.1 Vávrh hnacího agregátu .....	47
5.2 Řešení: .....	47
5.3 Závěr .....	50
<b>6. NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO ZÁZEMÍ PRO PROVOZOVÁNÍ</b>	
<b>NAVRŽENÉHO VOZIDLOVÉHO PARKU.....</b>	<b>51</b>
6.1 Provozní hmoty .....	52
6.2 Naftové hospodářství .....	52
6.3 Olejové hospodářství .....	53
6.4 Zdroj stlačeného vzduchu.....	53
6.5 Montážní jáma .....	53
<b>7. PROVOZNĚ EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ .....</b>	<b>56</b>
7.1 Odhad poptávky .....	56
7.2 Cena jízdného .....	57
7.3 Marketingová analýza.....	57
7.3.1 Provozních příjmy .....	57
7.3.2 Provozní výdaje .....	58
7.4 Finanční hodnocení efektivity projektu .....	59
7.4.1 Cash flow .....	60
7.4.2 Diskontované Cash flow .....	61
7.4.3 Doba návratnosti.....	62
7.4.4 Index rentability.....	63
7.4.5 Výsledek ekonomického zhodnocení.....	64
<b>8. ZÁVĚR.....</b>	<b>66</b>
<b>9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>68</b>
<b>10. PŘÍLOHY .....</b>	<b>70</b>



## PŘEHLED POUŽITÝCH OZNAČENÍ A JEJICH JEDNOTEK

$A$	Nápravová tíha	N
$a, b, c$	Koeficienty součinitele vozidlových odporů	-
$B$	Brzdná síla	N
$CF_t$	Finanční tok v roce $t$	Kč
$CF_0$	Finanční tok v roce 0	Kč
$DDN$	Diskontovaná doba návratnosti	[rok]
$F_T$	Tažná síla	N
$F_A$	Adhezní tahná síla	N
$F_O$	Tažná síla na obvodu hnacích kol	N
$F_{SP}$	Tažná síla na spřáhle	N
$FRR$	Finanční vnitřní výnosové procento	%
$NPV$	Index rentability	-
$NPV / I$	Doba návratnosti	-
$G_A$	Adhezní tíha	N
$m$	Hmotnost	kg
$M$	Hmotnost	t
$M_t$	Hmotnost taženého vozidla	t
$M_\varepsilon$	Hmotnost člověka	t
$M_D$	Hmotnost tažených vozů	t
$n$	Počet náprav hnacího vozidla	-
$F_T$	Tažná síla	N
$I$	Elektrický proud	A
$l$	Délka	m

$O_V$	<i>Odpor vozidlový</i>	$\text{N}$
$O_{Obl}$	<i>Odpor oblouku</i>	$\text{N}$
$O_{Sk}$	<i>Odpor sklonu</i>	$\text{N}$
$O_{Tun}$	<i>Odpor tunelu</i>	$\text{N}$
$O_{Vzd}$	<i>Odpor vzduchu</i>	$\text{N}$
$O_{ZR}$	<i>Odpor ze zrychlení</i>	$\text{N}$
$Q$	<i>Objem</i>	$\text{m}^3$
$P$	<i>Výkon</i>	$\text{W}$
$P_{TR}$	<i>Trvalý výkon vozidla</i>	$\text{W}$
$P_{PZV}$	<i>Výkon pomocných zařízení</i>	$\text{W}$
$r$	<i>Úroková sazba</i>	$\%$
$R$	<i>Poloměr oblouku</i>	$\text{m}$
$r$	<i>Výše diskontní sazby</i>	$\text{Kč}$
$s$	<i>Sklon trati</i>	$\%$
$s_k$	<i>Redukované stoupání</i>	$\%$
$s_z$	<i>Redukovaný spád</i>	$\%$
$s_{obl}$	<i>Přídavný sklon oblouku</i>	$\%$
$s_{rk}$	<i>Rozhodný stoupání</i>	$\%$
$s_{rz}$	<i>Rozhodný spád</i>	$\%$
$t, T$	<i>Čas</i>	$\text{s, min, h}$
$t$	<i>Časové období od roku 0 do roku <math>t</math></i>	$\text{rok}$
$U$	<i>Elektrické napětí</i>	$\text{V}$
$v, V$	<i>Rychlost</i>	$\text{m/s, km/h}$
$\varepsilon$	<i>Součinitel využití adheze</i>	$-$



$\eta$	<i>Celkový vliv ztrát</i>	I
$\mu_a$	<i>Součinitel adheze</i>	I

## 1. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

BO P	Německý předpis pro stavební a provozní pravidla úzkorozchodných železnic
CR	Cestovní ruch
ČR	Česká republika
DP LŽ ČSŠL	Dopravní předpisy lesních úzkorozchodných železnic Československých státních lesů
RLŽ	Rajnochovická lesní železnice



## 2. ÚVOD

### 2.1 ROZVOJ DOPRAVNĚ-TECHNICKÉHO MUZEJNICTVÍ

V dnešní moderní vyspělé době stále častěji pozorujeme trend „návratu ke kořenům“. První zmínka o železnici sahá až do roku 1800 v Angii. První průmyslová lesní železnice tohoto druhu byla vystavěna v Německu 1868. Dnes, koncem 20. století vznikají nová muzea, která objasňují historický vývoj strojní techniky od svého počátku po dnešní moderní stroje. Pro lepší představu diváka je velice přínosné vedle teoretického výkladu také provoz a praktická ukázka daného stroje či celého systému akcí. Cílem je autenticky přiblížit divákovi svoji dřívější činnost.

Vyjímkou nejsou ani železnice, potažmo úzkokolejné železnice.

Ty se v našem okolí začaly hromadně stavět pro svůj původní účel koncem 18. století. Měly usnadnit práci dělníků v nejrůznějších oblastech (povrchové doly, lesnický průmysl, zemědělství atd.). V našem případě se zaměříme na železnice provozované pro lesnický průmysl. Posláním těchto železnic bylo nahradit na vytižených cestách koňské povozy. V praxi to tedy znamenalo vystavbu železniční dráhy na hlavní páteřní trase lesa, která ústila na překladiště nebo ideálně pilu.

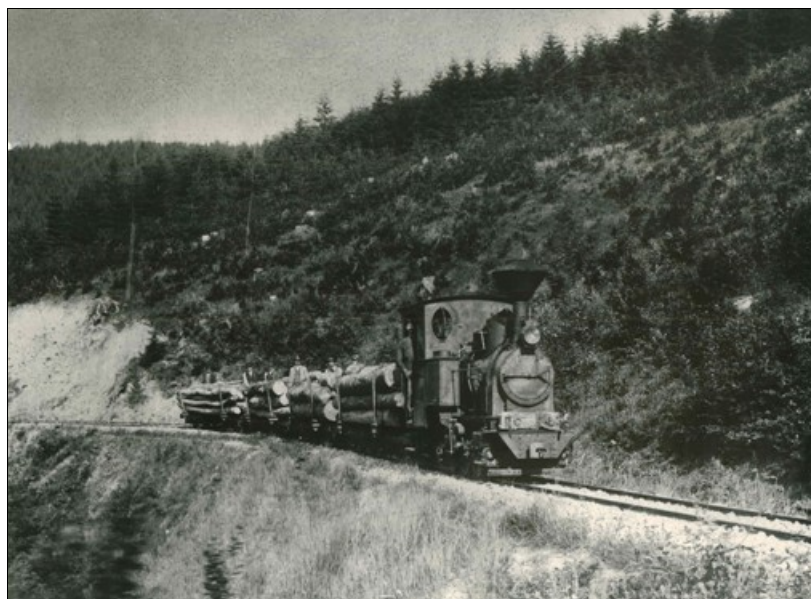
Stavěly se především úzkorozchodné tratě o rozchodu 700 mm. Obrovskou výhodou výstavby takovéto trati jsou menší náklady na výstavbu, snížené nároky na kvalitu podloží a v neposlední řadě zmenšení průjezdného průřezu vlaku. Na druhou stranu menší přepravní výkony oproti normálně rozchodným tratím, což není v tomto případě limitující.

Cílem této práce je vypracovat studii na obnovu technické části na bývalé lesní železnici v Rajnochovicích. Výsledek bude prezentován tak, aby v případě potřeby mohl posloužit jako návod či doporučení pro zřizovatele Rajnochovské lesní železnice, nebo v případě podobných podmínek i pro jiné úzkokolejné železnice.

## 2.2 ARCIBISKUPSKÁ LESNÍ ŽELEZNICE V RAJNOCHOVICÍCH

Jedna železnice tohoto druhu se nacházela i v katastru obce Rajnochovice. Tradičním povoláním zdejších lidí byla těžba dřeva. Doprava vytěženého dřeva z lesa na pilu se prováděla povozem s koňmi. Pro usnadnění a zrychlení práce lesních dělníků byly vystavěny na tocích Juhyně a Rosošence přehrady (tzv. klauzy), které při jarním tání zadržovaly vodu pro následné zvýšení průtoku v řece. Dřevo bylo korytem vody splavováno na pilu, kde probíhal odchyt. Splávka dřeva trvala jednou za rok cca 10-14 dní a zaměstnávala kolem 700 lidí. Byl to poměrně ekonomický a rychlý způsob dopravy, ovšem velmi sezonní a krátkodobý. Když se koncem 18. století s příchodem mechanizace začal v lesnickém průmyslu prosazovat svoz dřeva pomocí železnice, začali projektovat majitelé lesů v Rajnochovicích úzkorozchodnou železnici.

První návrh dr. Theodoruse Kohna z roku 1902 byla úzkokolejná železnice, řešená jako gravitační 20km dlouhá s animálním pohonem. Projekt arcibiskupské lesní železnice byl později změněn na pohon s parní trakcí. Výstavba železnice proběhla velice rychle. Na základě kolaudace v roce 1905 bylo vydáno následující rok povolení k provozu. Proces svozu dřeva probíhal tak, že lokomotiva vyvezla prázdné vozy do lesa na horní úvrať, dolů pak jely naložené vagóny samospádem. Tyto vozy měly nosnost 6 tun. O víkendech fungovala lesní drážka jako výletní, vyvážela panstvo ve dvou osobních vozech. Provoz na železnici probíhal i v době první světové války. V tomto období se notně zanedbala údržba trati. I tento fakt později velmi ovlivnil časté vykolejení vlaku. Největším problémem železnice bylo, že již v době výstavby se poddimenzovala konstrukce kolejiště (byla navržena jako animální). Po vleklých problémech byla roku 1918 na trati zrušena parní trakce, kterou nahradila animální. V roce 1921 byl provoz na trati zrušen úplně. Veškerý materiál byl odprodán Arcibiskupským lesům do Bílé na severní Moravu. Dodnes jsou v místech, kudy vedlo kolejiště viditelné stopy po bývalém provozu [16].



**Obr. 1: Původní provoz železnice v Rajnochovicích [16]**

### **2.3 ANALÝZA KONKURENCE**

V turistickém regionu Haná, Zlínském, Olomouckém ani v Moravskoslezském kraji neexistuje žádná konkurence v podobě jiné úzkorozchodné železnice pro turisty a v rámci celé České republiky neexistuje žádná lesní úzkorozchodná železnice. Z těchto důvodů by se zrealizovaný projektový záměr stal obrovským turistickým lákadlem pro návštěvníky upřednostňující aktivní a poznávací turistiku. Potenciálními konkurenty jsou úzkorozchodné železnice nacházející se ve vzdálenosti větší než 100 km (viz. Obr. 2), jejichž stručné představení následuje níže. [15]



Obr. 2: Mapa úzkorozchodných železnic [15]

#### - Mladějovská průmyslová dráha

Dráha je provozována v Mladějově (Pardubický kraj). Její trať je dlouhá 11 km (Mladějov – Hřebeč) s rozchodem 600 mm. Původně sloužila k dopravě uhlí. Devizou této trati je provoz parní trakce. Mladějovská dráha je vzdálená od Rajnochovic cca 130 km.

#### - Kolínská řepařská dráha

Tato dráha je provozována v Kolíně (Středočeský kraj). Trať o rozchodu 600 mm a délce 2,6 km, byla původně vystavena za účelem dopravy zemědělských plodin. Na trati je taktéž provoz parní trakce.

- **Muzeum průmyslových železnic Brno**

Ve Zbýšově v Jihomoravském kraji se nachází Muzeum průmyslových železnic. Původním záměrem uzkorozchodné trati byla přeprava uhlí z dolů. Organizace spravuje cca 150 vozidel. Vzdálenost od Rajnochovic je 130 km.

- **Společnost Barbora Solvayovy lomy**

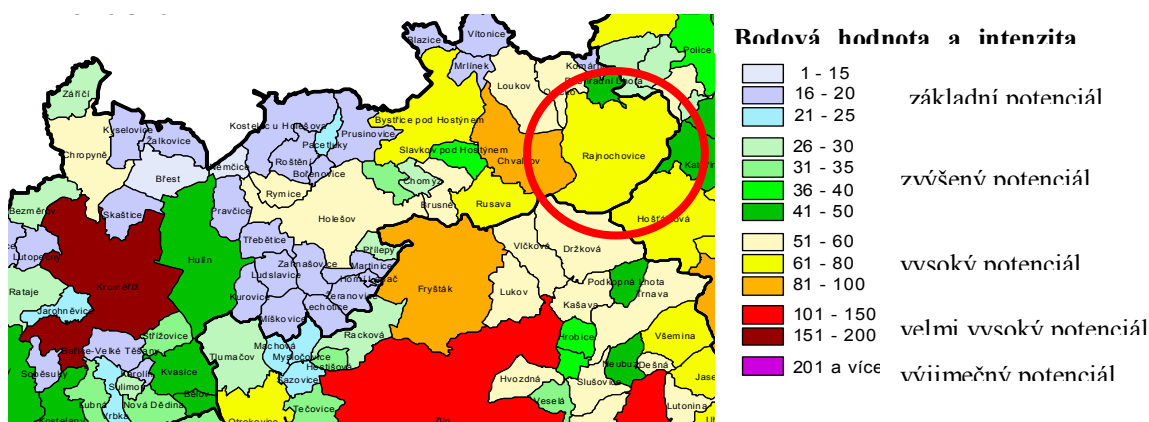
Provoz úzkorozchodné dráhy o rozchodu 600 mm a skanzenu se rozléhá v obci Bubovice, v okrese Beroun ve Středočeském kraji. Od Rajnochovic je vzdálená 335,6 km.

- **Plzeňská železnice**

Plzeňská železnice se se provozuje v obci Starý Plzenec v Plzeňském kraji. Spolu s Rajnochovskou železnici jsou od sebe vzdáleny 400 km. Více informací se bohužel nepodařilo zjistit.

## 2.4 CESTOVNÍ RUCH

Obec Rajnochovice je zařazena do turistického subregionu Haná, který se rozléhá v katastru okresu Kroměříž. Podle průzkumu Zlínského kraje z roku 2004 se obec Rajnochovice řadí do kategorie vysokého potenciálu (třetí nejvyšší kategorie) z hlediska cestovního ruchu. Srovnání s ostatními obcemi je zobrazeno voz. obr. 3.



Obr. 2: Potenciál cestovního ruchu marketingového subregionu Haná [21]

## 2.5 PROJEKT OBNOVY RAJNOCHOVSKÉ LESNÍ ŽELEZNICE

Předmětem projektu je výstavba nového zázemí pro železniční vozidla (depo, remíza) spolu s budovou muzea úzkorozchodných železnic. Původní zázemí se nacházelo v místě pily. To dnes již není možné, protože je na pile výrobní provoz. Z bezpečnostního důvodu a atraktivity daného místa se vystaví úplně nový areál. Nové místo navíc zjednoduší provoz, protože trať by musela křížovat silniční komunikaci. Odpadne potřeba zabezpečovacího zařízení. Technické zařízení budov bude navrženo a zařízení tak, aby bylo možné na vozidlech provádět údržbu a opravy široké škály vozidel. V muzeu bude historická expozice lesních železnic.

Pro praktickou ukázkou provozu historické dráhy bude od 8,1 do 9,5 km (respektujeme původní staničení kdy, byl konec železnice v areálu pily) vystavěna železnice v původním tělese staré dráhy. Z původního tělesa se nic nedochovalo, musí se zbudovat novostavba. Na konci trati se vystaví malé koncové nádraží s možností občerstvení, atrakcemi pro děti, rozhlednou s výhledem do krajiny. Odtud povede naučná stezka po okolí, která vyústí opět v areálu RLŽ.

### 2.5.1 Základní parametry původní trati

Délka kmenové trati: 8,3 km

Délka odbočné větve: 1,5 km

Rozchod: 700 mm

Max. podélný sklon: 70 ‰ (dva úseky o délkách 40 a 53 m) [14]

#### **Průběh kmenové trati:**

Trať začíná nad Podhradní Lhotou

0,0 – 1,4 km velký podélný sklon (až 70 ‰)

1,4 km výhybna a sklad dřeva

4,2 km nejvyšší bod kmenové trati, výhybna a později odbočka

4,2 – 6,4 km trať v soustavném mírném klesání

od 6,4 km klesání až 45 ‰



8,1 km oblouk o poloměru 25 m

8,5 km úvrat', výtazná kolej o délce 69 m

9,7 km křížení silnice, vjezd do prostor parní pily v Rajnochovicích [14]

### **2.5.2 Návrhové prvky nové železnice**

#### **Hlavní zásady návrhu:**

- Zúžení rozchodu na 600 mm (větší množství potenciálních vozidel)
- Zvětšení únosnosti tratě, až 7,0 t/nápravu a 3,7 t/m délky
- Bezpečnost provozu
- Nenarušení provozu lesního hospodářství, např. neomezení provozu lesní techniky
- Ukázkové svážení dřeva
- Zajištění postupné výstavby dalších úseků
- U všech bodů dbát na co největší historickou autentičnost

## **2.6 DOSTUPNÉ PODKLADY A INFORMACE**

Navrhování, výstavbu a provozování úzkorozchodných muzeálně-turistických železnic komplikuje skutečnost, že v posledních několika desítkách let nejsou průmyslové a lesní železnice běžně budované. Proto jsou nedostatečné nebo zcela chybí zkušenosti, jednotné zásady, ověřené postupy a někdy také odborné znalosti – obnovou a provozováním těchto úzkorozchodných železnic se zabývají převážně nadšenci, kteří se tak seberealizují ve svém volném čase a potřebným znalostem a dovednostem se tím často teprve učí. Zkušenosti, které během relativně krátké doby činnosti a za specifických podmínek jedné lokality získají, nemohou obsáhnout všechny situace a obtíže, s nimiž se může setkat jiný kolektiv na jiné muzeální železnici. Máme sice k dispozici historické příručky, kde tehdejší projektanti, konstruktéři a provozovatelé úzkorozchodných průmyslových a lesních železnic uvádí své poznatky a zásady, obvykle však neznáme přesně podmínky, za kterých k nim dospěli, ani okolnosti a prokazatelné výsledky jejich použití. Všechny tyto

zkušenosti a poznatky jsou velice cenné, ve většině případů je ovšem musíme považovat jen za doporučení. Vždy je nutné uvažovat v souvislostech s konkrétními požadavky a podmínkami, které jsou v mnoha případech pro každou muzeálně-turistickou železnici jedinečné. Především je nutné respektovat současné obecně závazné legislativní a technické normy [14].

Také je možné využít zkušeností kolegů, kteří se v současnosti touto problematikou zabývají. Zde je však potřeba si uvědomit, že tyto lidé jsou obvykle "svázáni" s jednou konkrétní železnici a neměli proto možnost řešit dostatečné množství různých situací, aby bylo možné považovat všechna jejich doporučení za obecně platná. Proto je vhodné každé doporučení posoudit s ohledem na naše konkrétní podmínky a požadavky. Vždy je ovšem nutné respektovat současné obecně závazné legislativní a technické normy [14].

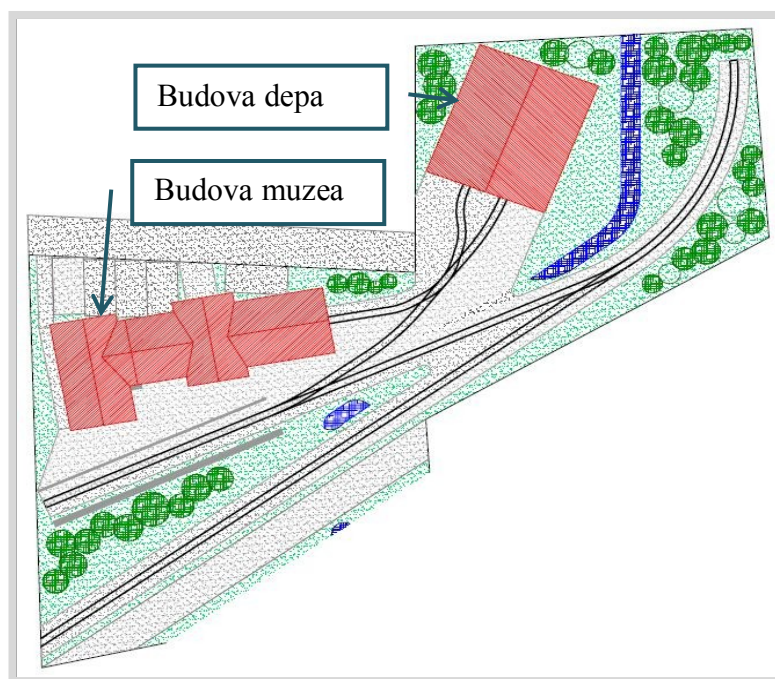
### 3. ANALÝZA PODMÍNEK

#### 3.1 ANALÝZA STAVEBNÍHO USPOŘÁDÁNÍ TRATI

Projekt obnovy výstavby železniční trati je navržen na 1500 m dlouhého úseku. První část úseku bude vybudována v původním tělese staré dráhy, druhá část v novém areálu Lesní železnice Rajnochovice. Trať je označená z historických důvodů podle původního staničení. Začíná tedy v 8,1 km (nejvyšší bod trati) a končí v železničním areálu u pily 9,6 km. Největším redukováným stoupáním je  $s_k=41,26$  ‰ na cca 9,5 km v délce 102,6 m. největším redukováným klesáním bude v totéž úseku při jízdě vozidla nazpět  $s_z=38,74$  ‰ (výpočet uveden v bodě 4.4) Trať je velmi netypická, jsou zde velmi ostré oblouky spolu s velkými stoupáními. To klade velké nároky na hnací vozidlo (výkon motoru, průjezd obloukem, obrždění). Je zde potřeba také uvažovat výrazné zhoršení adhezních podmínek (rezavé koleje, padající listy ze stromů na koleje, námraza).

Nový areál Rajnochovské lesní železnice se nachází na obecním pozemku, který je bez využití. Je umístěn asi 100 m od pily, kde měla původní železnice cíl. Nové místo pro depo má oproti místu na pile několik výhod, a to například, že se nekřížuje s frekventovanou silnicí. Nový areál muzea a depa nebude narušovat provoz pily, návštěvníci nebudou rušeni výrobou na pile. Tím se projekt velmi zjednoduší, zlevní a zatraktivní.

Určitou komplikací nového umístění depa představuje jeho pozice ve svažitém terénu. Projekt je navržen s úvratovým vjezdem do stanice. Trať uhýbá z původního tělesa lesní drážky, dál pokračuje „výtažnou kolejí“ a teprve přes výhybku se trasa dostane k budově depa. (viz. Obr. 4)



Obr. 4: Budovy depa a muzea [15]

### 3.1.1 Parametry nové železnice:

Obnova trati v bývalém tělese dráhy bude realizována postupnou výstavbou. Projekt je rozdělen na 4 etapy z ekonomických důvodů. Z hlediska financí bude nejnáročnější výstavba úseku D, protože se v tomto místě se nachází bývalý kamenný lom, kdy jeho horní část zasahuje do tělesa bývalé dráhy, které se nyní uváží. V době původního provozu tento problém nebyl, protože lom ještě nebyl otevřen. Bohužel díky charakteru terénu není možné vést dráhu jiným prostorem. Na výstavbě přemostění a překonání tohoto úseku je závislá realizace dalších etap. Plán etap je následující:

- **Etap A** – km 9,5 – 9,6 (areál technického a provozního zázemí):

Při realizaci první etapy bude provedeno: výstavba remízy pro deponování vozidel, dílenské budovy, provozní budova muzea s expozicí lesní železnice, kolejiště pro odstavování a manipulaci s vozidly, volný prostor pro pořádání různých akcí, parkoviště pro návštěvníky areálu.

- **Etapu B – km 9,2 – 9,5:**

Do lesní silnice, kterou v současné době využívá správa lesů, bude vystavěna kolej tak aby nenarušovala provoz silničních vozidel. Trať bude zapuštěna do vozovky; výstavba provizorní zastávky, která se při výstavbě dalšího úseku (etapa C) zruší.

- **Etapu C – km 8,9 – 9,2:**

V této etapě opět kladen důraz na nenarušení činnosti lesních vozidel, Přemístění zastávky z etapy č. B.

- **Etapu D – km 8,1 – 8,9:**

Zde bude kolej vystavěna převážně na samostatném tělese, nutnost přemostění sesuvu v 8,75 km, v km 8,55 úvrať, ukončení zastávkou na 8,1 km

- **Etapu E – cca 1km nové trati**

Výstavba nové koleje směrem k autobusové zastávce a Penzionu Ve Dvoře. Zatraktivnění, přiblížení k turistickému centru.

### **3.1.2 Návrhové parametry trati**

- Rozchod je navržen na 600 mm, větší dostupnost vozidel
- Zatížení kolejiště maximálně 7,0 t/nápravu; a 3,7 t/m délky
- Bezpečnost provozu osobní dopravy
- Nenarušení účelu lesní komunikace – svoz dřeva
- Historická podoba původní železnice
- Postupné navazování etap a rozšiřování provozu
- Přizpůsobení železnice stávajícím železničním vozidlům

### **3.1.3 Návrhová rychlost**

Maximální dovolená rychlost jízdy vozidla o rozchodu 600 mm je předepsána dle:

**a) BO P (Bau- und Betriebsordnung für Pioniereisenbahnen)**

- Německý předpis pro Stavební a provozní pravidla úzkorozchodných železnic

20 km/h na trati mimo přejezdy

10 km/h při jízdě přes nezabezpečené, nestřežené železniční přejezdy. Platí také u posunu [3].

**b) DP LŽ ČSŠL (dopravní předpisy lesních úzkorozchodných železnic-Československé státní lesy)**

- na podélném sklonu při jízdě po spádu dle tab. 1

- ve směrových obloucích o poloměru R s převýšením  $D = 30$  mm dle tab. 2

10 km/h na frekventovaných železničních přejezdech s nedostatečným rozhledem

6 km/h (rychlost chůze) na výhybkách, pro sunuté vlaky a při spouštění vozů na trati [1].

Tab. 1: Nejvyšší dovolená rychlost (V) na podélném sklonu (s) při jízdě po spádu

s [‰]	V [km/h]
11 – 20	20
21 – 30	15
31 – 50	10
> 50	6

Tab. 2: Nejvyšší dovolená rychlost (V) v závislosti na poloměru směrového oblouku R

R [m]	V [km/h]
80	20
45	15
30	10

**c) Arcibiskupská lesní železnice Rajnochovice**

10 km/h - jízda po spádu s plně loženými vozy nebo samotnou lokomotivou

6 km/h - při jízdě přes železniční přejezdy a ve směrových obloucích o malém poloměru

**d) Dle knihy „Inženýrské stavby v lesnické části“**

20 – 25 km/h - rovinaté území

10 – 15 km/h - horský terén

12 km/h - sunutí vozů se středním nárazníkem

#### **Závěr:**

Na základě výše uvedených předpisů a doporučení stanovují nejvyšší dovolenou rychlost jízdy vozidla:

- 6 – 20 km/h v traťových úsecích
- 5 – 8 km/h v areálu depa

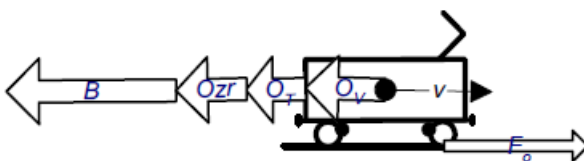
Nejvyšší dovolená rychlost jízdy na jednotlivých kolejích včetně kilometrické polohy musí být uvedena v provozním řádu. Z hlediska výletního turistického vlaku není kladen důraz na vysokou rychlost.

### **3.2 ANALÝZA VLIVU PROVOZNÍCH PARAMETRŮ**

Pro trakční výpočty vycházíme z předpokladu ideálního pohybu vlaku:

- Celý vlak redukuje se do hmotného bodu s jedním stupněm volnosti
- Na pohybující se hmotný bod působí pouze vnější kolineární síly ve směru jízdy, dále pak působí síly tíhové
- Na hmotný bod působí jen statické síly

Pohyb kolejového vozidla. Uvažujeme kolineární síly působící ve směru jízdy (tažné síly, odporové síly, brzdné síly) a tíhové síly.



**Obr. 5: Síly působící na vozidlo při jízdě [10]**

B Brzdná síla

$O_{ZR}$  Odpor ze zrychlení

$O_T$     Odpor traťový

$O_V$     Odpor vozidlový

$O_Z$     Odpor ze zrychlení

$$F_t - O - B = \gamma [N]$$

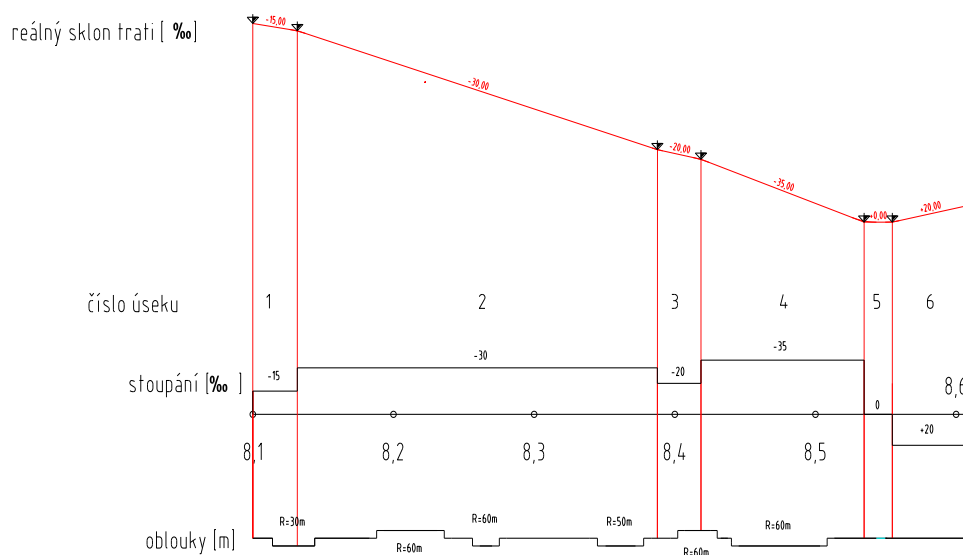
Při jízdě vozidla vpřed a působení  $F_t$  je  $B=0$

$$F_t - \sum O_i = \gamma [N]$$

$$\sum \gamma = \gamma_V + \gamma_T + \gamma_Z [N]$$

### 3.3 ANALÝZA PARAMETRŮ TRATI

Vychází z reálných hodnot stoupání a oblouků na trati, které jsou zakresleny ve výkrese Podélný řez (viz. příloha S04). Z hodnot výkresu sestavíme náčrtek profilu traťového úseku, ze kterého čerpáme do dalších výpočtů. V náčrtném profilu je vždy zaznačeno číslo úseku, reálný sklon trati, stoupání, oblouky. Příklad části úseku trati viz obr. 6.



Obr. 6: Náčrtek části profilu traťového úseku



**a) Traťové úseky ve směru 8,1 km (horní úvrať) do 9,6 (areál železnice)**

Parametry traťového úseku jsou dány ve výkrese v příloze S04 Podélný řez. Z výkresu vyplývají hodnoty traťových úseků ve směru z 8,1 km (horní úvrať) do 9,6 km (areál železnice) uvedené v tabulce č. 3. Hodnoty jsou zapsány a početně zpracovány v programu Excel).

**Tab. 3: Traťové úseky z 8,1 km do 9,6 km**

i	s <sub>i</sub> [%o]	l <sub>i</sub> [m]	R <sub>1</sub> [m]	l <sub>obl k</sub> [m]	R <sub>2</sub> [m]	l <sub>2obl k</sub> [m]	R <sub>3</sub> [m]	l <sub>3obl k</sub> [m]	R <sub>4</sub> [m]	l <sub>4obl k</sub> [m]
1	-15	31,63	30	17,625						
2	-30	256	30	12,375	60	48,075	60	19,075	50	32,875
3	-20	31	60	16,513						
4	-35	116	60	11,562	60	68,075				
5	0	20,04								
6	20	55								
7	0	13,8								
8	-30	177,4	60	72,075	90	39,875				
9	-20	12	30	6,5						
10	0	38	30	8,5	30	6,5				
11	-20	12,5	30	7						
12	-35	20,88	60	8,8376						
13	-25	20,78	60	13,237						
14	-15	18	70	6,2501						
15	-25	12	70	6,2499						
16	-35	46	50	18,813						
17	-30	17	50	7,5624						
18	-15	35,5								
19	-30	141	60	21,075	60	21,075				
20	-20	22,63	60	7,5375						
21	-30	42,2	60	9,0379						
22	-25	50,05	60	24,575						
23	0	59,725	40	24,125						
24	-20	73,5	0	0						
25	-15	38	0	0						
26	0	46,57	80	30,947						
27	-20	22,13	80	7,5						
28	-35	16,94	30	2,25						
29	-40	95,26	30	1,25	130	21,916	130	21,6704	60	11,039
30	-5	21,35	60	0,8047						
31	-2,3	26	30	18,5						

**b) Traťové úseky ve směru z 9,6 (areál železnice) 8,1 km (horní úvrat')**

Analogicky s bodem 3.2.2 ve směru z areálu železnice 9,6 km do horní úvratí 8,1 km.

**Tab. 4: Traťové úseky z 9,6 km do 8,1 km**

$i$	$s_i$ [%]	$l_i$ [m]	$R_1$ [m]	$l_{obl1}$ [m]	$R_2$ [m]	$l_{obl2}$ [m]	$R_3$ [m]	$l_{obl3}$ [m]	$R_4$ [m]	$l_{obl4}$ [m]
31	15,00	31,63	30,00	17,63						
30	30,00	255,98	30,00	12,38	60,00	48,08	60,00	19,08	50,00	32,88
29	20,00	31,00	60,00	16,51						
28	35,00	116,00	60,00	11,56	60,00	68,08				
27	0,00	20,04								
26	-20,00	55,00								
25	0,00	13,80								
24	30,00	177,40	60,00	72,08	90,00	39,87				
23	20,00	12,00	30,00	6,50						
22	0,00	38,00	30,00	8,50	30,00	6,50				
21	20,00	12,50	30,00	7,00						
20	35,00	20,88	60,00	8,84						
19	25,00	20,78	60,00	13,24						
18	15,00	18,00	70,00	6,25						
17	25,00	12,00	70,00	6,25						
16	35,00	46,00	50,00	18,81						
15	30,00	17,00	50,00	7,56						
14	15,00	35,50								
13	30,00	141,00	60,00	21,08	60,00	21,08				
12	20,00	22,63	60,00	7,54						
11	30,00	42,20	60,00	9,04						
10	25,00	50,05	60,00	24,58						
9	0,00	59725,00	40,00	24,13						
8	20,00	73,50	0,00	0,00						
7	15,00	38,00	0,00	0,00						
6	0,00	46,57	80,00	30,95						
5	20,00	22,13	80,00	7,50						
4	35,00	16,94	30,00	2,25						
3	40,00	95,26	30,00	1,25	130,00	21,92	130,00	21,67	60,00	11,04
2	5,00	21,35	60,00	0,80						
1	2,30	26,00	30,00	18,50						

### 3.4 VÝPOČET ROZHODNÉHO STOUPÁNÍ TRATI $S_R$ [‰]

Redukovaný profil trati vznikne sloučením směrového a sklonového profilu a připočtením tunelů na daném úseku.

$$s_r = \frac{s \cdot l + \sum_k i_k \cdot l_{oblk} + \sum_n n_n \cdot l_{tun_n}}{l} \quad [‰] \quad [10]$$

Pro úsek č. 2

$$s_2 = \frac{s_2 \cdot l_2 + i_{obl1} \cdot l_{obl1} + i_{obl2} \cdot l_{obl2} + i_{obl3} \cdot l_{obl3} + i_{obl4} \cdot l_{obl4}}{l_2} \quad [‰]$$

Po dosazení:

$$s_2 = \frac{- 0,256 + 8,12,375 + 1,64,48,075 + 1,6419,075 + 1,44,32,875}{256} = - 8,08 \quad [‰]$$

Pozn.: V našem případě se na trase železnice tunely nenacházejí, výpočet se zjednoduší.

#### Výpočet směrového vlivu oblouku na traťový odpor $s_{obl}$ [‰]

Pro rozchod kol = 600 mm volíme empirický vztah:

$$s_{obl} = \frac{200}{(R - i)} \quad [7]$$

Příklad výpočtu pro úsek č.1:

$$s_{obl1} = \frac{200}{(R_1 - i)}$$

Po dosazení:

$$s_{obl1} = \frac{200}{(30 - i)} = 1,0 \quad [‰]$$

Výpočet pro všechny úseky jsem provedl v programu Excel:

a) Výsledky pro směr 8,1 km (horní úvrat') do 9,6 (areál železnice):

Tab. 5: Výpočet ve směru z 8,1 km (horní úvrat') do 9,6 km (Areál železnice)

i	sobl <sub>1</sub> [‰]	sobl <sub>2</sub> [‰]	sobl <sub>3</sub> [‰]	sobl <sub>4</sub> [‰]	sr [‰]
1	8,00				-10,54
2	8,00	3,64	3,64	4,44	-28,09
3	3,64				-18,06
4	3,64	3,64			-32,50
5	0,00				0,00
6	0,00				20,00
7	0,00				0,00
8	3,64	2,35			-27,99
9	8,00				-15,67
10	8,00	8,00			3,16
11	8,00				-15,52
12	3,64				-33,46
13	3,64				-22,68
14	3,08				-13,93
15	3,08				-23,40
16	4,44				-33,18
17	4,44				-28,02
18	0,00				-15,00
19	3,64	3,64			-28,91
20	3,64				-18,79
21	3,64				-29,22
22	3,64				-23,21
23	5,71				0,00
24	0,00				-20,00
25	0,00				-15,00
26	2,67				1,77
27	2,67				-19,10
28	8,00				-33,94
29	8,00	1,60	1,60	3,64	-38,74
30	3,64				-4,86
31	8,00				3,39

**Tab. 6: Hodnoty výchozích parametrů**

$s_k$ [‰]	20,00
$s_z$ [‰]	-38,74

**b) Výsledky pro směr z 9,6 km (areál železnice) do 8,1 km (horní úvrat'):**

**Tab. 7: Výpočet ve směru 9,6 km (Areál železnice) do 8,1 km (horní úvrat')**

$i$	sobl <sub>1</sub> [‰]	sobl <sub>2</sub> [‰]	sobl <sub>3</sub> [‰]	sobl <sub>4</sub> [‰]	sr [‰]
31	8,00				19,46
30	8,00	3,64	3,64	4,44	31,91
29	3,64				21,94
28	3,64	3,64			37,50
27	0,00				0,00
26	0,00				-20,00
25	0,00				0,00
24	3,64	2,35			32,01
23	8,00				24,33
22	8,00	8,00			3,16
21	8,00				24,48
20	3,64				36,54
19	3,64				27,32
18	3,08				16,07
17	3,08				26,60
16	4,44				36,82
15	4,44				31,98
14	0,00				15,00
13	3,64	3,64			31,09
12	3,64				21,21
11	3,64				30,78
10	3,64				26,79
9	5,71				0,00
8	0,00				20,00
7	0,00				15,00
6	2,67				1,77
5	2,67				20,90
4	8,00				36,06
3	8,00	1,60	1,60	3,64	41,26
2	3,64				5,14
1	8,00				7,99

**Tab. 8: Hodnoty výchozích parametrů**

$s_k$ [‰]	41,25
$s_z$ [‰]	-20

### **3.5 SKLONOVÉ PARAMETRY**

Pro navržení hnacího agregátu, určení hmotnosti a rychlosti vlaku jsem zavedl pojem redukované stoupání  $s_k$  a redukovaný spád  $s_z$ . Pojmy definujeme:

- Redukované stoupávání – největší hodnota stoupání na trati
- Redukovaný spád - největší spád na trati (klesání)

**Výpočet redukovaného stoupání  $s_k$  [‰] a redukovaného spádu  $s_z$  [‰]:**

**a) směr od začátku ke konci (8,1-9,6 km):**

Směr jízdy vlaku je z nejvyššího bodu trati (452 m. n. m.) do areálu lesní železnice (415 m. n. m.). v tomto směru je:

hodnota redukovaného stoupání  $s_k = 20$  ‰.

hodnota redukovaného klesání je  $s_z = -38,74$  ‰

**b) směr od konce k začátku (9,6-8,1 km)**

Ve směru jízdy z areálu lesní železnice (415 m. n. m.) do konečného (nejvyššího) bodu tratě (452 m. n. m.) v tomto směru je:

hodnota redukovaného stoupání  $s_k = 41,25$  ‰.

hodnota redukovaného klesání je  $s_z = -20$  ‰

**Pro další výpočty uvažujeme největší hodnoty:**

$s_k = 41,25$  ‰.

$s_z = -38,74$  ‰

### **3.6 PODMÍNKY PROVOZU A TECHNICKÉ PARAMETRY VOZIDLOVÉHO PARKU**

Výběr vozidla pro Rajnochovickou lesní železnici je díky univerzálnímu rozchodu 600 mm a velkému zatížení až 7,0 t/nápravu a 3,7 t/m délky velmi rozsáhlý. Můžeme volit mezi trakcí motorovou, elektrickou nebo parní. Dále to mohou být vozidla vyráběná v minulosti, či současné produkce. Při výběru potenciálních vozidel se zohledňuje především co největší přiblížení původních historických vozidel. Ideální by bylo nasadit parní lokomotivu. Jedině ta dokonale demonstruje historický provoz.

### **3.7 VÝBĚR VOZIDEL**

#### **3.7.1 Parní trakce**

Provoz a pořízení takovéto lokomotivy je z ekonomických důvodů těžko možný. Pokud tyto vozidla ještě někde fyzicky existují, jsou většinou nepojízdná, nebo plní úlohu výstavního exponátu. Jejich hodnota je často nevyčíslitelná. Oprava a renovace takového exponátu je velmi finančně a technicky náročná. Proti hovoří i zdoluhavá provozní pohotovost, nízká účinnost, vysoké nároky na kvalifikaci a zručnost strojvůdce a obsluhy. V provozu hrozí velké nebezpečí vzniku požáru v lesním porostu. Depo klade zvýšené náklady na výbavu. Typickým příkladem tohoto druhu lokomotiv je:

#### **- Parní lokomotiva ČKD Praha BS-80**

Parní hnací vozidlo bylo vyrobeno v roce 1951 v ČKD Praha. Výkon lokomotivy je 59 kW, tažná síla 22,5 kN. Dosahovala poměrně vysokých rychlostí a to až 25 km/h. Její přednostmi jsou taktéž dobré vlastnosti při průjezdu obloukem, vyšší spolehlivost, jednodušší údržba, levný provoz oproti jiným podobným dobovým vozidlům. Naopak nevýhodou této lokomotivy mimo výše zmíněné nedostatky parních lokomotiv je velmi malé topeniště, nevhodné pro dlouhé stoupání a taky malá zásobárna vody v rámu. V současnosti je tato parní lokomotiva v

aktivním provozu na Mladějovické dráze. Nasazení na Rajnochovické trati by bylo možné, nevýhody malého topeniště nejsou pro tuto trať 2,5 km dlouhou omezující. Díky malému rozvoru 1400 mm je zaručena dobrá průjezdnost i velmi malými oblouky, a to až o poloměru 15 m. Cena vozidla nebyla zjištěna, byl nalezen pouze jeden exponát a ten je neprodejný.



**Obr. 7: Parní lokomotiva ČKD BS-80 [17]**

**Tab. 9: Technické parametry ČKD BS-80**

Technické údaje	
Výrobce	ČKD Praha
Rok výroby	1951
Typ	BS 80
Typový výkon	59 kW
Přetlak páry	1,4 MPa
Průměr válce / zdvih pístu	250 / 300 mm
Celkový rozvor	1400 mm
Hmotnost prázdná	10,9 t
Hmotnost vyzbrojená	12,43 t
Zásoby uhlí	0,53 m <sup>3</sup>
Počet náprav / hnacích	2 / 2
Rozchod kolejí	600 mm
Zásoby vody	0,8 m <sup>3</sup>



Tažná síla	22,5 kN
Max. rychlost	25 km/h
Délka přes spřáhla	6150 mm
Šířka	1800 mm
Výška nad temenem kolejnice	2650 mm
Minimální průměr oblouku	15 m

### 3.7.2 Elektrická trakce

Další možnou volbou se jeví nasazení elektrické akumulátorové lokomotivy. Její velkou výhodou je tichý provoz, který by výrazně usnadnil problematičnost provozu vůči ochraně životního prostředí v Chráněné krajinné oblasti. Tato vozidla jsou dnes běžně nasazována v důlním průmyslu. Jejich dostupnost je tedy na velmi dobré úrovni. Nevýhoda těchto vozidel je mimo ceny také v nepřipustném vzhledu. Vozidlo je vyvíjeno pro praktické pracovní účely v dolech. Jistým řešením by byla rekonstrukce kapotáže s podobností dobového vozidla. Velkým kladem toho druhu vozidel je široká škála výběru.

#### - Elektrická akumulátorová lokomotiva Kabedebex

Lokomotiva Kabedex řady AE je poháněna dvěma asynchronními motory s nezávislým chlazením, s regulací otáček frekvenčním měničem, který zaručuje plynulou jízdu, zpomalení a brzdění. Dva nezávislé systémy na obou nápravách zabezpečují brzdění. Skládají se z elektrodynamické brzdy a dvouokruhové mechanické brzdy, která působí přímo na kola hnacího vozidla. Lokomotiva je opatřena jednou uzavíratelnou kabinou s výhledem pro jízdu oběma směry. Cena nové lokomotivy je 200 000 EUR (cca 5 000 000 Kč)



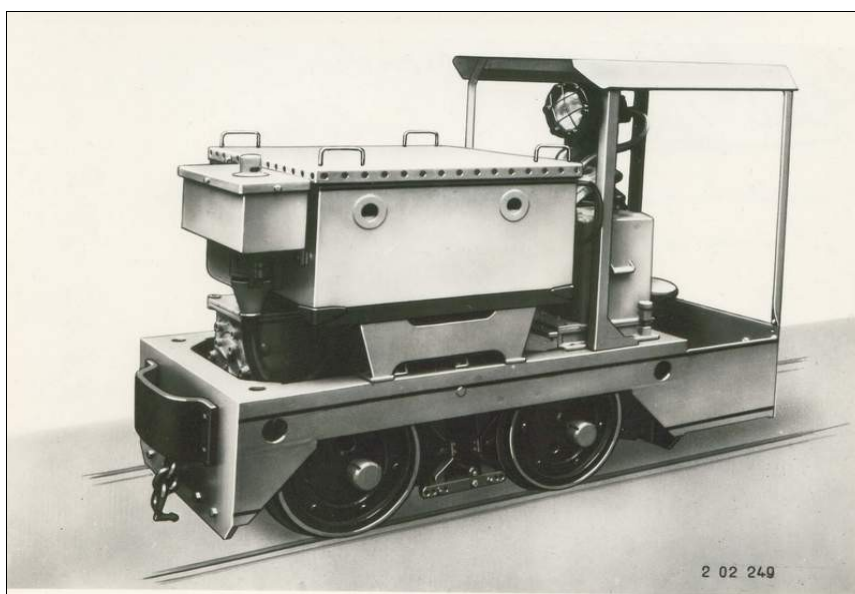
Obr. 8: Katedex AE 30 [19]

Tab. 10: Technické parametry Katedex AE 30

Technické údaje	
Výrobce	Katedex s.r.o.
Typ	AE-30
Rok výroby	2010
Typový výkon	60 kW
Elektromotor	třífazový asynchronní
Řízení otáček	měníč frekvence
Celkový rozvor	1200 mm
Hmotnost	6 t
Počet náprav / hnacích	2 / 2
Rozchod kolejí	600 mm
Tažná síla	35 kN
Max. rychlost	25 km/h
Délka přes spřáhla	4556 mm
Šířka	1050 mm
Výška nad temenem kolejnice	dle požadavku zákazníka
Minimální průměr oblouku	12 m
Parametry akumulátoru	
Kapacita 5 hodinová	225 Ah
Napětí	332 V
Nabíjecí proud	40 A
Doba nabíjení	8 h

## - Elektrická akumulátorová lokomotiva ČKD ADL

Tato lokomotiva je zástupcem staré, dnes již nevyráběné generace. Dostupnost těchto hnacích vozidel je omezená, jejich výroba byla omezena na desítky kusů. Pro výběr a renovaci této lokomotivy hovoří levnější pořizovací cena. Lokomotiva dovoluje operativně přenadstavit rozchod v rozmezí od 450 do 600 mm. Pohon je zajištěn dvěma hnacími nápravami navzájem mechanicky spojenými s jedním hnacím trakčním motorem. Zdroj energie zajišťují dvě olověné baterie. Oproti jiným, v té době vyráběným lokomotivám měla velmi propracované výkyvné uložení hnacích os za účelem co největší adheze při jízdě na nerovné koleji. Dále pak důmyslné odpružení nárazníků přes gumové silenbloky, které by bylo velmi vhodné pro použití na výletním vlaku pro zvýšení komfortu cestujících. Cena lokomotivy se pohybuje v rozmezí od 15 000 Kč za nepojízdnou, kde by bylo zapotřebí rozsáhlé rekonstrukce, až po 200 000,- za provozuschopnou lokomotivu. Oprava této lokomotivy je značně náročná, díky menšímu počtu vyrobených kusů jsou hůře dostupné náhradní díly. Většina by se musela vyrobit svépomocí.



Obr. 9: Elektrická akumulátorová lokomotiva ČKD ADL 2 [17]

**Tab. 11: Technické parametry lokomotivy ČKD ADL 2**

Technické údaje	
Výrobce	ČKD, závod Vinohrady
Rok výroby	1960
Typ	ADL-2
Typový výkon	3 kW
Elektromotor	třífazový asynchronní
Počet jízdních stupňů	5
Celkový rozvor	750 mm
Hmotnost	2,1 t
Počet náprav / hnacích	2 / 2
Rozchod kolejí	600 mm
Tažná síla	3 kN
Max. rychlost	5 km/h
Délka přes spřáhla	2155 mm
Šířka	800 mm
Výška nad temenem kolejnice	dle požadavku zákazníka
Minimální průměr oblouku	5 m
Parametry akumulátoru	
Kapacita 5 hodinová	320 Ah
Napětí	40 V
Nabíjecí proud	64 A
Doba nabíjení	5 h

### 3.7.3 Motorová trakce

Další potenciální volbou hnacího vozidla pro obnovu provozu na lesní železnici je lokomotiva s motorovou trakcí. Dostupná jsou stávající nová vozidla, která se používají v dolech nebo v provozu továren a jejich vlečkách. Tyto lokomotivy jsou podobné jako akumulátorové vozy nepřipustné svým vzhledem, byla by taktéž nutná přestavba karoserie. Obdobně jako u předchozího druhu je nutno počítat se zvýšenými pořizovacími náklady. Výběr vozidel je velmi pestrý.

#### - Diesellová lokomotiva Kabledex řady DH

Lokomotivu tvoří tři hlavní montážní celky k usnadnění její přepravy (dvě kabiny, střední díl-strojovna). Ovládání lokomotivy je možné z obou kabin, které jsou vybaveny ovládacími, kontrolními a bezpečnostními prvky a přístroji sloužícími

k jejímu bezpečnému ovládní. Provedení kabiny zaručuje dobrý výhled na trať. Lokomotiva je osazena šestiválcovým dieselovým motorem John Deere s nepřímým vstřikováním paliva. Spouštění motoru se provádí hydraulickým startérem. Přenos výkonu na nápravy pojezdových kol zajišťuje převodovka na nápravách. Hydraulická soustava převodu zajišťuje plynulý rozjezd i s maximálním kroutícím momentem, plynulou změnu výstupních parametrů lokomotivy při konstantních výstupních parametrech hnacího agregátu. Cena této nové lokomotivy je 180 000 EUR (cca 4 500 000 Kč).



Obr. 10: Katedex DH 35 D.1 [19]

**Tab. 12: Technické parametry lokomotivy Kabledex DH 35 D.1**

Technické údaje	
Výrobce	Kabledex s.r.o.
Rok výroby	2010
Typ	DH 35 D.1
Typový výkon	39 kW
Motor	John Deere
Celkový rozvor	1450 mm
Hmotnost	8 t
Počet náprav / hnacích	2 / 2
Rozchod kolejí	600 mm
Tažná síla	21 kN
Max. rychlost	18 km/h
Délka přes spřáhla	4680 mm
Šířka	950 mm
Výška nad temenem kolejnice	dle požadavku zákazníka
Minimální průměr oblouku	12 m

Jistou ekonomičtější volbou je použití renovovaného staršího dieselového vozidla. Tento druh je na úzkokolejných železnicích nasazován cca 50 let. V dnešní době, kdy dochází k modernizaci, či rušení starých provozů se na trhu objevuje dostatek starších provozuschopných vozidel. Po jejich modernizaci získáme starý, z hlediska historické autentičnosti přijatelnější stroj. Jejich kapotáž se z části blíží parní lokomotivě, v některých podmínkách nemusí být nutné další historicko-estetické úpravy. Pro vybavení depa je lokomotiva s motorovou trakcí nejlepší varianta, co se týče výbavy, Nejdostupnější jsou lokomotivy ČKD, Stavostroj Radotín, Vihorlat Snina atd.

#### - **Dieselová lokomotiva ČKD řady BN 60**

Jedná se o povrchovou lokomotivu, opět s koncovým stanovištěm strojvedoucího. V kabině strojvedoucího je jeden centrální pult. Vozidlo je opatřeno šestiválcovým dieselovým motorem ŠKODA 6 S 110 s nepřímým vstřikem o výkonu 44 kW při 1 000 ot./min. Převodovka je čtyřstupňová mechanická, spojka suchá lamelová. Brzda



lokomotivy je pouze mechanická, páková. Spouštění motoru se realizuje elektricky. Cena této lokomotivy se pohybuje na trhu s požitými vozidly od 30 000 Kč za stroj v horším technickém stavu až po 200 000 Kč za opravenou renovovanou lokomotivu. V případě opravy tohoto stroje je renovace ze všech uvedených strojů nejpříjemnější. Na trhu je stále dostatek vozidel této řady a tím i potenciálních náhradních dílů. U motoru je možná varianta výměny motoru Škoda za diesellové motory Zetor, kterých je na trhu nepřehledné množství v různých výkonových variantách.



Obr. 11: Lokomotiva ČKD BN 60 [17]

**Tab. 13: Parametry hnacího vozidla ČKD BN 60**

Technické údaje	
Výrobce	Vihorlat Snina
Rok výroby	1952
Typ	BN 60
Typový výkon	44,1 kW
Motor	Škoda 6 S 110
Celkový rozvor	1100 mm
Hmotnost	8,2 t
Počet náprav / hnacích	2 / 2
Rozchod kolejí	600 mm
Tažná síla	24,52 kN
Max. rychlost	18 km/h
Délka přes spřáhla	4250 mm
Šířka	1120 mm
Výška nad temenem kolejnice	dle požadavku zákazníka
Minimální průměr oblouku	10 m

### 3.8 VÝBĚR HNACÍHO VOZIDLA

Lokomotivy uvedené v bodu 3.6 jsou potenciální lokomotivy, které by bylo technicky vhodné nasadit na trať rajnochovické úzkokolejky. Všechna vozidla splňují kritéria a požadavky nutné k použití na této trati. Jedním z hlavních kritérií (mimo technické parametry) výběru hnacího vozidla bude i kritérium finanční. Původně jsem chtěl při návrhu lokomotivy postupovat způsobem, že k zamýšleným taženým osobním vozidlům navrhnu ideální hnací vozidlo. Po finanční analýze, a zhodnocení finančních možností organizace Rajchovické lesní železnice jsem postup návrhu a výpočtu změnil tím způsobem, že jsem předem vybral hnací vozidlo ČKD BN 60 U a k tomu dopočítal hnací agregát. Tato varianta se jeví jako nejlepší. Cena lokomotivy se pohybuje v přijatelných mezích. Případné opravy a repase nebudou taktéž velkou finanční zátěží, lokomotiva je konstruována s maximálním požitím mechanických prvků.



### 3.9 NÁVRH TAŽENÝCH OSOBNÍCH A NÁKLADNÍCH VOZŮ

Pro tento účel nejsou vozy standardně sériově vyráběny. Pro potřeby výletního vlaku se musí vyrobit kusovou výrobou. Vhodné je využít starších nákladních vozů z průmyslového provozu pro využití podvozku a dvojkolí. V případě rajnochovické dráhy není možno z technických důvodů počítat s průběžnou pneumatickou brzdou. V těchto podmínkách je možno na každém voze sestrojít mechanickou brzdu. Vzhledem k bezpečnosti provozu bude nutno, aby bylo každé vozidlo touto brzdou opatřeno. Při praktickém provozu bude tedy nutnost, aby na každém vozu byl jeden brzdař. To vyžaduje velké množství provozních pracovníků. Při požadavku na úsporu počtu pracovníků a udržení stejného přepravního výkonu by bylo vhodné snížit počet jednotlivých vozidel a zvýšit kapacitu. Ovšem zatím není zřejmé, jak velká bude poptávka návštěvníků. V rámci projektu také počítáme se zařazením jednoho nákladního vozu pro praktickou ukázkou svozu dřeva. Z důvodů dostupnosti a finanční náročnosti volím přestavbu nákladních dvounápravových vozů z důlního průmyslu a plošinových průmyslových vozů.

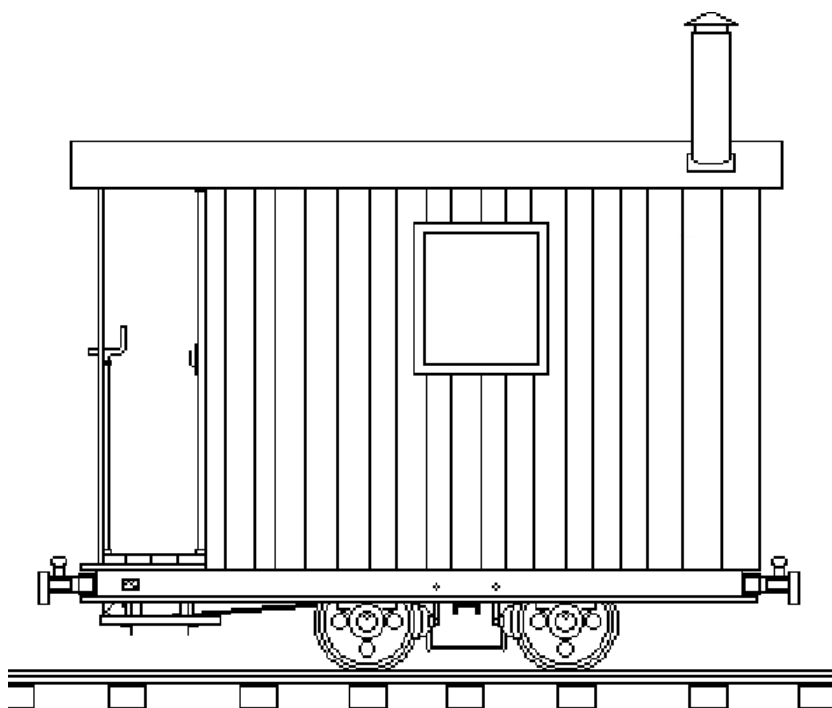


Obr. 12: Nákladní dvounápravový důlní vůz [18]

Pro přestavbu je nutno si uvědomit za jakých podmínek a proč bude železnice provozována. Vzhledem k tomu, že se jedná výletní turistický vlak, je prioritní zajistit návštěvníkovi velký výhled. Vzhled vozu musí budit dojem historického vlaku. Pro provoz Rajnochovické lesní železnice navrhuji tyto potenciální vozy:

### 3.9.1 Osobní zakrytý dvounápravový vůz

Tento vůz bude využíván při opravách a údržbě trati a jejího okolí. Vzhledem k podhorskému podnebí je potřeba uzavřený vytápěný. Rám skříně bude svařen z ocelových profilů, výplně budou zdvojené, vyrobené ze dřeva. Mezi stěnami bude tepelná izolace. Vytápění bude realizováno kamny na tuhá paliva. Osvětlení interiéru vozu bude realizováno petrolejovou lampou, nebo elektrickým osvětlením napájeného z baterie. Vůz bude opatřen policí pro základní technické vybavení (motorová pila, klíče, kladiva atd.). Vozidlo bude vybaveno ruční mechanickou brzdou.



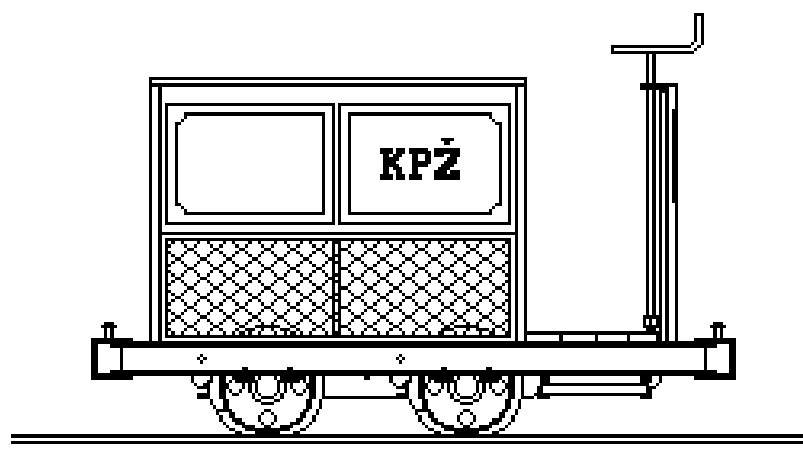
Obr. 13: Osobní zakrytý dvounápravový vůz [17]

**Tab. 14: Technické parametry osobního zakrytého dvounápravového vozu**

Technické údaje	
Typ vozu	Osobní uzavřený
Hmotnost vozu	1,5 t
Celkový rozvor	900 mm
Délka přes spřáhla	3540 mm
Šířka	1920 mm
Výška nad temenem kolejnice	2470 mm
Počet míst k sezení	7
Rozchod	600 mm

### 3.9.2 Letní dvounápravový nezastřešený osobní vůz

Pro výletní turistický vlak v letním období je vhodné navrhnout nezastřešený osobní vůz. Pro usnadnění konstrukce vozu je velmi záhodno použít minimálně pojezd z důlního nákladního vozu. Pro tyto účely se jeví vhodný vůz typu VLB 0,75 (klasický výklopný důlní vůz). Na konstrukci vozu využijeme podvozek s dvojkolím. Délka vozu bude konstruována tak, abychom nemuseli podvozek prodlužovat. Konstrukce bude sestavena z ocelových profilů, opláštění spolu s lavicemi a podestou budou ze dřeva. Protože chceme zajistit dokonalý výhled do okolí, nebude opatřen okny a střechou. Počítá se s nasazením v příznivém počasí.



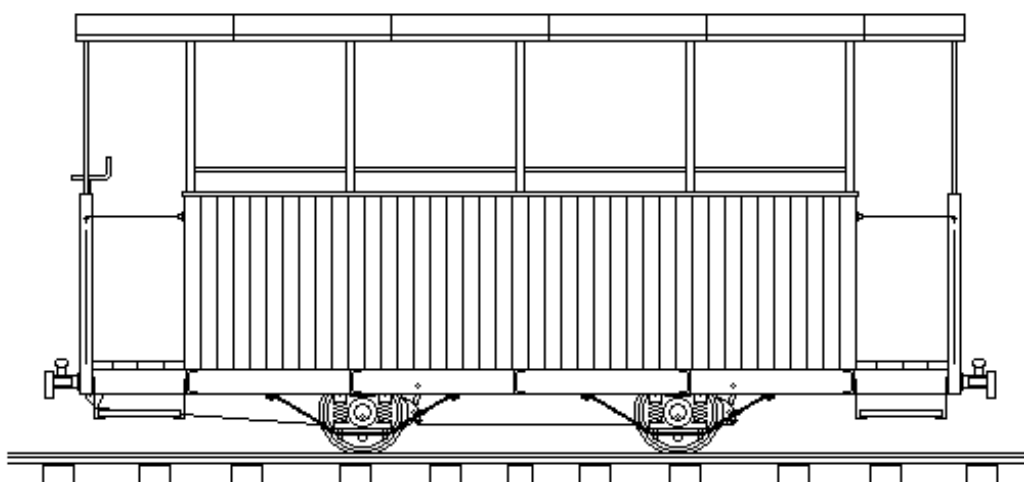
**Obr. 14: Letní dvounápravový nezastřešený osobní vůz [17]**

**Tab. 15: Technické parametry osobního nezastřešeného osobního vozu**

Technické údaje	
Typ vozu	Osobní otevřený
Hmotnost vozu	0,4 t
Celkový rozvor	720 mm
Délka přes spřáhla	2320 mm
Šířka	1224 mm
Výška nad temenem kolejnice	1560 mm
Počet míst k sezení	6
Rozchod	600 mm

### 3.9.3 Osobní zastřešený vůz

Pokud jsme na začátku hovořili o úspoře pracovníků obsluhy-brzdařů, vhodné zkonstruovat vůz s větší kapacitou. Volíme variantu se střechou bez oken. Pojezd bude vyroben z plošinového nákladního vozu, upravený o vypružení pro zlepšení jízdních vlastností. Oproti předešlým bude mít velkou kapacitu míst pro cestující. To zapříčiní velký rozvor náprav, což způsobí zhoršené vlastnosti při průjezdu oblouky o malých poloměrech.



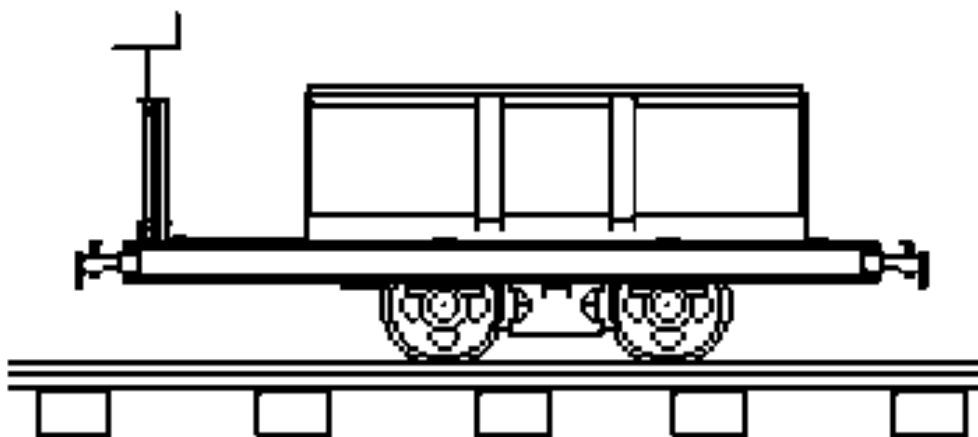
**Obr. 15: Osobní zastřešený vůz [17]**

**Tab. 16: Technické údaje osobního zastřešeného vozu**

Technické údaje	
Typ vozu	Osobní uzavřený
Hmotnost vozu	2,8 t
Celkový rozvor	1400 mm
Délka přes spřáhla	4900 mm
Šířka	1860 mm
Výška nad temenem kolejnice	2600 mm
Počet míst k sezení	9
Rozchod	600 mm

#### **3.9.4 Nákladní vůz**

Nákladní vůz bude zkonstruován pro praktickou ukázkou svozu dřeva. Na vůz bude použit podvozek z průmyslového plošinového vozu, bude opatřen mechanickou brzdou.



**Obr. 16: Nákladní vůz [18]**

**Tab. 17: Technické údaje nákladního vozu**

Technické údaje	
Typ vozu	Nákladní
Hmotnost vozu	1,1 t
Celkový rozvor	900 mm
Délka přes spřáhla	3540 mm
Šířka	1850 mm
Výška nad temenem kolejnice	1447 mm
Obsah nákl. prostoru	1,75 m <sup>3</sup>
Rozchod	600 mm

### 3.10 VÝBĚR OSOBNÍCH TAŽENÝCH VOZŮ

Z důvodu většího přepravního výkonu volím vozbu se dvěma osobními zastřešenými vozy s kapacitou 10 míst, docílíme snížení počtu pracovníků-brzdařů. Tyto vozy budou výhodné i v nepříznivém počasí. Parametry pro plně obsazenou soupravu jsou:

$$M_t = 2,8 \text{ t}$$

$$M_c = 0,08 \text{ t}$$

$$k_v = 0$$

$$n_v = 2$$

Při plném obsazení vozů bude celková hmotnost:

$$M_D = n_v \cdot k_v \cdot M_t + 2 \cdot M_c \text{ [t]}$$

$$M_D = 2 \cdot 0 \cdot 2,8 + 2 \cdot 0,08 = 0,16 \text{ t}$$

## 4. STANOVENÍ ROZHODUJÍCÍCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ VOZIDEL UVAŽOVANÉHO VOZIDLOVÉHO PARKU OBNOVOVANÉ ŽELEZNICE

### 4.1 NÁVRH HNACÍHO AGREGÁTU

Z předchozích hnacích vozidel bylo vybráno jako nejpříjemnější nasazení lokomotivy řady BN 60. Spolu s ním budou tvořit soupravu dva letní nezastřešené vozy uvedené v bodu 3.8.3. Souprava bude obsazena 20 osobami.

#### Zadané hodnoty:

Bn 60 U

$V = 6 \text{ km.h}^{-1}$

$s_{rk} = 41,25 \text{ ‰}$

$A = 4,1 \text{ t}$

$n = 2$

$P_{PZ} = 500 \text{ W}$

$\eta = 0,9$

$M_D = 7,2 \text{ t}$

### 4.2 ŘEŠENÍ:

Podle označení hnacího vozidla **BN 60 U** jsem použil hodnoty koeficientů součinitele vozidlových odporů z tabulky [10]. Vzorce uvedené v době 5.2 jsou převzaty z [10]. Hmotnost všech tažených vozidel včetně pasažérů je 7,2 tuny. Hodnoty jsou:

Tab. 18: hodnoty koeficientů vozidlových odporů

	a	b	c
Hnací vozidlo	0,0025	0	0,0000055
Tažené vozidla	0,0019	0	0,000000465

Hmotnost lokomotivy ( $M_L$ ):

Vypočítá se ze vztahu:

$$M_L = n \cdot A \text{ [t]}$$

Kde  $n$  odpovídá počtu náprav a  $A$  je hmotnost na jednu nápravu.

$$M_L = 2 \cdot 4,1 = 8,2 \text{ t}$$

Výpočet odporu hnacího vozidla ( $O_L$ ), taženého vozidla ( $O_D$ ) a traťový odpor ( $O_T$ )

Navrhovaná rychlost ve stoupání 41,25 ‰ je 6 km/h.

K výpočtu použijeme následujících vztahů:

$$O_L = M_L \cdot g \cdot 10^3 \cdot (a + i \cdot V + i \cdot V^2) \text{ [N]}$$

$$O_D = M_D \cdot g \cdot 10^3 \cdot (a + i \cdot V + i \cdot V^2) \text{ [N]}$$

$$O_T = (M_D + M_L) \cdot g \cdot 10^3 \cdot s_{rk} \cdot 10^{-3} \text{ [N]}$$

Po dosazení:

$$O_L = 8,2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot (0,0025 + 0 \cdot 6 + 0,0000055 \cdot 6^2) = 117,0325 \text{ N}$$

$$O_D = 1,2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot (0,0019 + 0 \cdot 6 + 0,0000004656^2) = 35,3832 \text{ N}$$

$$O_T = (8,2 + 1,2) \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot 41,25 \cdot 10^{-3} = 314,344 \text{ N}$$

Výpočet trakčního výkonu ( $P_{TR}$ ) a primárního zdroje výkonu ( $P_{ZV}$ ):

$$F_o = O_L + O_D + O_T \text{ [N]}$$

$$F_o = 117,0325 + 35,3832 + 314,344 = 666,759 \text{ N}$$

Výpočet trakčního výkonu

$$P_{TR} = F_o \cdot V / 3,6 \text{ [N]}$$

$$P_{TR} = 666,759 \cdot 6 / 3,6 = 1111,265 \text{ N}$$

Dále je vypočten primární zdroj výkonu, který je větší než trakční výkon. Je to dáno tím, že se část výkonu ze zdroje ztratí v ústrojí, než dojde k samotným kolům.

Výpočet primárního zdroje výkonu pro vozidla s motorovou trakcí:

$$P_{PZV} = \frac{P_{TR}}{\eta} + P_{PZ} \text{ [W]}$$



$$P_{PZV} = \frac{2777,936}{0,9} + 100 = 3086,592 \text{ W}$$

- Výpočet trakční síly na mezi adheze ( $F_a$ ):

Do vzorce je dosazena veličina, tzv. součinitel využití adhezní tíhy  $\varepsilon$ , který nabývá hodnot od 0,88 až 1. V našem případě volím variantu  $\varepsilon=1$ .

Trakční sílu na mezi adheze je součinem předešlých tří hodnot:

$$F_a = G_a \cdot \mu_a \cdot \varepsilon [\text{N}]$$

$$F_a = 30442 \cdot 0,3035 \cdot 1 = 92414 \text{ N}$$

Adhezní tíha  $G_a$  je tíha, která připadá na hnací dvojkolí. V případě BN 60 U je stejná jako tíha vozidla  $G_v$ , protože jsou všechna dvojkolí hnací.

$$G_a = G_v = M_L \cdot g \cdot 1000 [\text{N}]$$

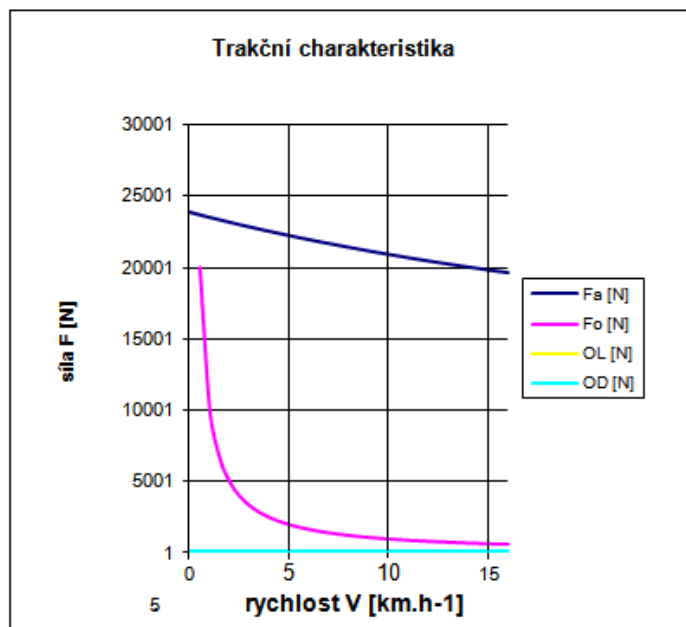
$$G_a = 3,2 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 30442 \text{ N}$$

Součinitel adheze  $\mu_a$ . Pro jeho výpočet je použito experimentálního vztahu podle Kothera:

$$\mu = \left( \frac{9000}{V + 12} + 16 \right) 10^{-3} [-]$$

$$\mu = \left( \frac{9000}{3 + 12} + 16 \right) 10^{-3} = 0,3035$$

Tab. 19: Trakční charakteristika BN 60



### 4.3 ZÁVĚR

Pro redukované stoupání je navrženo použití agregátu ŠKODA 4 S 110, který by měl být schopen tuto část trati zdolat s předepsaným zatížením přípojných vozidel. Potřebný trakční výkon  $P_{\text{ptr}}=2777,9 \text{ W}$  a výkon primárního zdroje  $P_{\text{pzv}}=3086,592 \text{ W}$  pro dosažení konstantní rychlosti  $6 \text{ km.h}^{-1}$ . Dále byla vytvořena trakční charakteristika v tabelární i grafické formě, ze které se odečetla kritická rychlost. Trakční charakteristika je jedním z nejdůležitějších provozních parametrů, díky ní bylo zjištěno, že s přirůstající rychlostí už není potřeba tak velké trakční a tažné síly jako při samotném rozjezdu. Tato charakteristika je zprava omezená maximální rychlostí hnacího vozidla, která je u BN 60 U  $18 \text{ km.h}^{-1}$ .

## **5. NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO ZÁZEMÍ PRO PROVOZOVÁNÍ NAVRŽENÉHO VOZIDLOVÉHO PARKU.**

Pro zajištění provozu, oprav, údržby, odstavných stání atd. je nutné zřídit depo kolejových vozidel. Depo tvoří základní organizační složku kolejových vozidel, jsou zde soustředěna všechna kolejová a silniční vozidla náležící organizaci železnice, nebo vozidla jiných organizací, které to mají s provozovatelem depa sjednáno. Depo se skládá z pozemku, kolejiště (jen na území depa), budovy, úložiště pohonných hmot atd. Jeho území musí být označeno a zajištěno proti nedovolenému vstupu cizích osob. Součástí depa je také kotelna a sklad, podle velikosti a specializaci může být součástí taktéž provozně chemická laboratoř, defektoskopické nebo diagnostické středisko. Základním úkolem depa je ve vztahu k vozidlům, je organizace provozu, údržby a provádění technických prohlídek hnacích a přípojných vozidel, aby bylo zajištěno jejich bezproblémové použití.

Pro splnění svého základního poslání podle [12] depo zajišťuje:

- Údržbu hnacích, přípojných vozidel
- Opravy konstrukčních celků vozidel
- Provádí rušení vozidel
- Technické kontroly vozidel
- Přejímku pohonných a provozních hmot
- Provoz kotelen
- U odstavených vozidel mimo zastřešená stání spravuje vozidla tak, aby nedošlo jejich poškození vlivem klimatických podmínek
- Zajišťuje technické a technologické zařízení v dobrém technickém stavu
- Provoznost staveb, kolejiště, elektrických, vodních, kanalizačních sítí

- Zajišťuje dodržování bezpečnosti práce

## **5.1 PROVOZNÍ HMOTY**

Hmoty, které se používají pro provoz vozidel a zařízení depa. V případě Rajnochovické lesní železnice to bude motorová nafta a maziva. Na skladování a manipulaci s nimi jsou vydány ekologické normy. Pro potřebu úzkokolejky nebude potřeba budovat velké zásobárny provozních hmot. V depu nebude zřízena Provozní chemická laboratoř.

## **5.2 NAFTOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ**

Zařízení naftového hospodářství jsou všechna zařízení pro příjem, výdej a uskladňování. Pro použití Rajnochovické železnice se jedná o motorovou naftu. Distribuce z čerpací stanice bude prováděna silniční dopravou. Vzhledem k malému provozu na dráze, který se předpokládá jen o víkendech, nebude potřeba skladovat velké množství nafty. Rezerva pohonných hmot by měla vydržet cca na 14 dnů. Je nežádoucí skladovat větší množství, protože by zde byly uloženy nemalé finanční objemy. Je to rizikové i z hlediska případného zcizení.

Navrhujeme dva dvouplášťové nadzemní padesátilitrové sudy, které budou umístěny ve skladu depa, uzamčené proti případnému vniknutí cizí osoby. Nádrže budou opatřeny kalníkem pro odstranění nečistot a kondenzátu. Nádrž bude umístěna nad základovou deskou cca 15 cm nad podlahou, v ní bude zabudována ochranná vana s nepropustným dnem. V ní bude zachytná jímka, ze které se případné úkapy přečerpají do sudu pro znečištěnou naftu a předají se jako nebezpečný odpad příslušné odborné firmě. Protože by bylo pro účely železnice nákladné zřizovat strojní čerpání, realizace plnění lokomotivy naftou bude ruční pomocí ocelových kanystrů.

### 5.3 OLEJOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Oleje a maziva jsou určeny pro provoz vozidel a technologických zařízení. Budeme vybírat ekologicky šetrné oleje a maziva, která agresivní vůči životnímu prostředí, k lidskému zdraví, jsou dobře ekologicky rozložitelná a zatěžují ovzduší minimálním množstvím skleníkových plynů. Tato kritéria splňují nejlépe oleje a maziva na bázi rostlinných bází. Distribuce bude prováděna silniční dopravou.

Pro potřeby Rajnochovické železnice navrhuji:

- **Olejové hospodářství pro doplnění olejů**
- **Olejové hospodářství pro celkovou výměnu olejů**

Olej pro doplnění a výměnu spotřebovaného oleje bude uložen v kanystrech ve skladu depa. Pro vypuštěné použité oleje bude zřízena samostatná nádoba, ve které se použitý olej převezne na předem určené místo na zpracování. Pro potřeby Rajnochovické železnice není zapotřebí použití většího stabilního zařízení s olejovým čerpadlem.

- **Plastické maziva**

Pro mazání kluzných ploch plastickými mazivy použijeme mazací lis s velikostí náplně 30 kg. Lis je opatřen kolečky pro snazší manipulaci. Lis bude uložen ve skladu depa.

### 5.4 ZDROJ STLAČENÉHO VZDUCHU

Pro výrobu a rozvod stlačeného vzduchu pro údržbu bude realizován menším pojízdným kompresorovým agregátem.

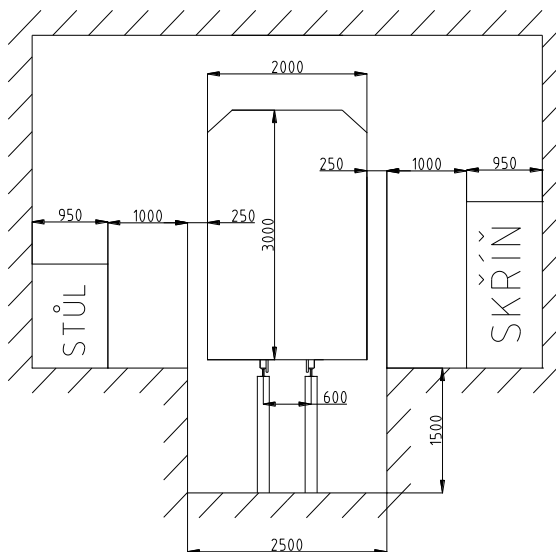
### 5.5 MONTÁŽNÍ JÁMA

Pro zajištění oprav spodní části vozidla je nutné zřídit v depu montážní jáma. Při rozchodu 600 mm už nelze dost dobře využít středového kanálu. Po odečtení rozdílu mezi šířkou paty kolejnic zůstane pracovní prostor cca 550 mm. V takovém prostoru je již značně snížen komfort práce. Z toho důvodu navrhujeme zřízení

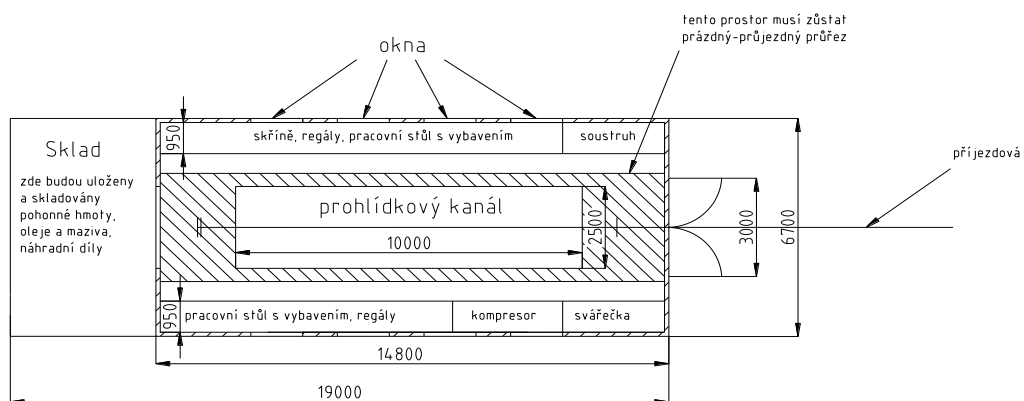
postranních kanálů. Protože nápravové zatížení je poměrně malé, spolu s kombinací použití dostatečně velkého profilu kolejnic nebude potřeba kontinuálního podepření koleje. Kolejnice budou podepřeny sloupky. Tím se pracovní prostor znatelně zvětší, mimo sloupky na 2500 mm. Hloubka kanálu vychází z předpokladu sedící pozice pracovníka. V porovnání s normálně-rozchodnými vozidly jsou vozidla celkově menší, tudíž spodní část vozidla je umístěna níže nad temenem kolejnice. Hloubka kanálu bude tedy 1500 mm. Pokud bychom uvažovali kanál pro práci stojícího pracovníka, musela by být hloubka kanálu větší, schody do tak hlubokého kanálu by zabíraly podstatnou část jeho délky. Z tohoto důvodu dáváme přednost menší hloubce pro práci vsedě. Pokud nebude vozidlo v depu, prostor nad kanálem bude zajištěn ocelovými mřížemi, nebo dřevěnými podlážkami v úrovni podlahy.



**Obr. 17: Montážní kanál s postranními mřížemi [18]**



**Obr. 18: Celní průřez pracovním prostorem**



**Obr. 19: Situační pohled pracovního prostoru shora**

## 6. PROVOZNĚ EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Jak již bylo zmíněno v úvodu, trať zde byla v provozu 1906 až 1921, poté byla rozmontována a kompletně odstraněna. Jediné na čem se dá dnes stavět je bývalé těleso kolejíště, které je stále neporušeno a v původním tvaru. Ovšem mimo terénní sesuv na 8,75 km. Jde tedy o velmi nákladnou stavbu. Pro životaschopnost musíme zhodnotit potencionální počet zákazníků, počet provozních dní v roce, mzdy zaměstnancům a v neposlední řadě návrh dotací pro rozhodnutí, zda projekt obnovy Rajnochovické železnice realizovat či nikoliv.

### 6.1 ODHAD POPTÁVKY

Pro odhad potenciální ho počtu návštěvníků areálu Rajnochovské lesní železnice byl v roce 2009 zpracován dotazník. Byl vytvořen v souladu Metodickým pokynem a zásadami pro popis a proveditelnost projektů, který určil počty a místa dotazovaných osob. Byly vybrány nejnavštěvovanější turistické lokality v Hostýských vrších. Místa a počty dotazovaných tedy jsou:

- Tesák (40 respondentů)
- Troják (40 respondentů)
- Kelčský Javorník (40 respondentů)
- Rajnochovice (40 respondentů)
- Poutní místo Hostýn (100 respondentů)

Z výsledků šetření vyplývá, že by mezi turisty byl zájem o návštěvu areálu železnice. Celkem 51 % dotazovaných v případě uvedení železnice do provozu by přišlo areál navštívit. Výsledky dotazníkového šetření jsem převzal z literatury [15].



## 6.2 CENA JÍZDNÉHO

Pro stanovení ceny jízdného pro Rajnochovskou železnici jsem využil informace o cenách ostatních „úzkorozchodek“ provozovaných v ČR. Navrhované ceny jednotlivých jízd Rajnochovské železnice jsou navrženy, aby zohlednily věk jednotlivých návštěvníků:

Zlevněné jízdné (děti, důchodci) .....	30,-
Dospělí .....	50,-
Hromadné, rodinné vstupné .....	150,-
Vstupné do muzea železnice .....	zdarma

Sezóna provozu lesní dráhy je plánována víkendově od května do září. Po domluvě bude možno i v jiné měsíce. Návrh počítá s mimořádnými akcemi ve vesnici, kdy bude větší množství potenciálních zákazníků. Samotná organizace bude plánovat také svoje akce s tematikou železnic.

## 6.3 MARKETINGOVÁ ANALÝZA

Vývoj příjmů i výdajů je zpracován tabulce v Cash flow, který jsem převzal z [15]. V původním Casch flow projektu jsem objevil některé finanční nesrovnalosti, které jsem přepočítal a upravil. Předinvestiční rok 2014 je charakteristický přípravou projektové dokumentace a příjmy jen ze sponzorských darů. Rok 2015 je již investiční, kdy je realizována investice ve výši 15 500 000 Kč a také uhrazena první splátka 600 000 Kč.

### 6.3.1 Provozních příjmy

Tabulka provozních příjmů je sestavena na základě příjmů z jízdného, darů a dotací. Z odhadu početnosti jednotlivých skupin z předcházejícího dotazníku se stanovil odhad příjmů z jízdného. Ostatní data jsou použita ze zkušeností konkurenčních úzkorozchodných železnic.

Tab. 19: Odhad příjmů z jízdného [15]

Skupina návštěvníků	Procentuální odhad	Počet	Vstupné	Vstupné celkem
Děti do 15 let	30 %	6 090	30 Kč	182 700 Kč
Invalidé	1 %	203		6 090 Kč
Důchodci (60 let a více)	9 %	1 827		54 810 Kč
Dospělí	45 %	9 135	50 Kč	456 750 Kč
Rodiny s dětmi (2 dospělí + 2 děti do 15 let)	15 %	3 045	150 Kč	456 750 Kč
<b>Celkem</b>	<b>100</b>	<b>20 300</b>	<b>-</b>	<b><u>1 157 100 Kč</u></b>

Z tabulky vyplývá, že příjem ze vstupného je 1 157 100 Kč, dary a dotace 63 800 Kč. Tyto hodnoty požiji pro další šetření finanční analýzy.

### 6.3.2 Provozní výdaje

Podobně jako u bodu 6.3.1 odhaduji provozní výdaje. Zde je odhad jednodušší, tuto položku si ovlivní samotná organizace. Beru v potaz výdaje na provoz železnice, energie nutné k provozu, mzdy pracovníků, opravy a údržbu vozidel a objektů, projekty, plány, splátky úvěru a ostatní výdaje jako jsou například internet, atd. K zajištění provozu bude zapotřebí zaměstnat: pracovníka infocentra a dva pracovníky na post údržbáře. Následující body a) b) jsou převzaty z návrhu [15]

#### a) Propočet mzdy – pracovník/ce infocentra

Pracovník infocentra bude zaměstnán na poloviční pracovní úvazek pouze v období sezóny a při příležitostných jízdách.

Odhad provozních dní .....53 (á 8 pracovních hodin)

Počet odpracovaných hodin .....424/rok

Hodinová mzda .....60 Kč

Hrubá mzda .....25 440 Kč/rok

Hrubá mzda vč. povinných odvodů .....**34 089 Kč/rok** [15]

#### b) Propočet mzdy – dva údržbáři

Tito zaměstnanci budou zaměstnáni na částečný pracovní úvazek, budou pracovat minimálně 16 hodin za týden celoročně.

Počet týdnů .....53 (á 16 pracovních hodin)

Počet odpracovaných hodin .....848/rok

Hodinová mzda .....60 Kč

Hrubá mzda (za oba zaměstnance) .....101 760 Kč/rok

Hrubá mzda vč. povinných odvodů.....**136 358 Kč/rok** [15]

## 6.4 FINANČNÍ HODNOCENÍ EFEKTIVITY PROJEKTU

Mezi základní finanční analýzu projektu patří čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento, index rentability a index návratnosti, které jsou zpracovány v Tab. 19: Cash flow. Jak je již uvedeno výše, bylo nalezeno několik nesrovnalostí (především ve spojitosti splácení), které jsem odstranil a přepočítal. Příklady výpočtů jsou uvedeny v následujících bodech.

Tab. 20: Cash flow [15]

Pořadí		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2028
1.	<b>Příjmy</b>											
2.	Jízdné	0,0	0,0	0,0	1 157,1	1 191,8	1 227,6	1 264,4	1 302,3	1 341,4	1 381,6	1 601,7
3.	Ostatní příjmy, dary	63,8	65,7	67,7	69,7	71,8	74,0	76,2	78,5	80,8	83,2	96,5
4.	<b>Příjmy celkem</b>	<b>63,8</b>	<b>65,7</b>	<b>67,7</b>	<b>1226,8</b>	<b>1263,6</b>	<b>1301,5</b>	<b>1340,6</b>	<b>1380,8</b>	<b>1422,2</b>	<b>1464,9</b>	<b>1698,2</b>
5.	<b>Výdaje</b>											
6.	Provoz	0,0	0,0	0,0	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8	22,5	23,2	26,9
7.	Investice	0,0	15 500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8.	Energie	0,0	90,0	60,0	61,8	63,7	65,6	67,5	69,6	71,6	73,8	85,5
9.	Mzdy	0,0	0,0	0,0	227,0	233,8	240,8	248,0	255,5	263,2	271,0	314,2
10.	Opravy a udržování	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.	Ostatní (poštovné, telefony, internet)	0,0	0,0	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	2,1
12.	Projektová dokumentace	250,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.	Splátka	0,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	1500	1500	1500	1500	2000
14.	<b>Výdaje celkem</b>	<b>250,0</b>	<b>16 190,0</b>	<b>661,5</b>	<b>909,7</b>	<b>919,0</b>	<b>928,6</b>	<b>488,5</b>	<b>348,6</b>	<b>359,1</b>	<b>369,9</b>	<b>428,8</b>
15.	<b>Cashflow</b>											
16.	Cashflow	-186,2	-16 124,3	-593,8	317,1	344,6	372,9	852,1	1032,2	1063,1	1095,0	1269,4
17.	Diskontované cashflow	-177,3	-14 625,2	-513,0	260,9	270,0	278,3	605,6	698,6	685,3	672,3	610,6
18.	NPV	-177,3	-14 802,5	-15 332,2	-15071,4	-14801,4	-14523,1	-13917,5	-13218,9	-12533,6	-11861,3	-8687,3
19.	NPV/I	-----	-0,96	-0,99	-0,96	-0,90	-0,85	-0,81	-0,77	-0,72	-0,68	-0,56

#### 6.4.1 Cash flow

Je ekonomická hodnota rozdílu mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků za určité časové období. V našem případě je hodnocen pro každý rok za období 25 let, což je životnost investice. V praxi je tato hodnota důležitou veličinou, která vypovídá o schopnostech organizace generovat peníze.

##### Příklad výpočtu:

###### - rok: 2014

Příjmy: 63 800 Kč: dary

Součet příjmů: **63 800 Kč**

Výdaje: 250 000 Kč: projektová dokumentace

Součet výdajů: 250 000 Kč

**Cash flow = Příjmy – Výdaje = 63 800 – 250 000 = - 186 200 Kč → ztráta**

###### - rok: 2015

Příjmy: 65 700 Kč: ostatní příjmy, dary

Součet příjmů: **65 700 Kč**

Výdaje: 15 500 000 Kč: úvěr (investice)

600 000 Kč: 1. splátka úvěru

90 000 Kč: energie

**Součet výdajů: 16 190 000 Kč**

**Cash flow = Příjmy – Výdaje = 65 700 – 16 190 000 = - 16 124 300 Kč → ztráta**

- **rok: 2028**

Příjmy: 1 601 700 Kč: jízdné  
96 500 Kč: ostatné příjmy, dary

**Součet příjmů: 1 698 200 Kč**

Výdaje: 26 900 Kč: provoz  
85 500 Kč: energie  
314 200 Kč: mzdy  
2 100 Kč: ostatní

**Součet výdajů: 428 800 Kč**

**Cash flow = Příjmy – Výdaje = 1 698 200 – 428 800 = 1 269 400 Kč → zisk**

#### 6.4.2 Diskontované Cash flow

Vyjadřuje součet současné hodnoty budoucích hotovostních toků plynoucích z investice a hotovostního toku investice ( $CF_0$ ).

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t+1}}$$

**rok: 2014**

$$NPV_{2014} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t+1}} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_0}{(1+r)^1} = \frac{-186,2}{(1+0,05)^1} = - 77300 \text{ Kč}$$

**r = 0,05 %** (úroková sazba)

**rok: 2015**

$$NPV_{2015} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t+1}} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_0}{(1+r)^2} = \frac{-16124300}{(1+0,05)^2} = - 4625200 \text{ Kč}$$

**rok: 2016**

$$NPV_{2016} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^{t+1}} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_0}{(1+r)^3} = \frac{-593800}{(1+0,05)^3} = - 13000 \text{ Kč}$$



**rok: 2028**

$$NPV_{2018} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CF_t}{(1+0,05)^t} = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{CF_0}{(1+0,05)^{t+1}} = \frac{-1269400}{(1+0,05)^{11}} = 510600 \text{ Kč}$$

**6.4.3 Doba návratnosti**

Vyjadřuje počet let provozu daného projektu, kterých je zapotřebí k narovnání počáteční investice.

$$-CF_0 = \sum_{t=1}^m CF_t \text{ nebo jinak: } CF_0 + \sum_{t=1}^m CF_t = 0$$

Projekt je přijatelný tehdy, když je ukazatel nižší, než doba životnosti projektu.

Jinak řečeno, pokud bude ukazatel  $NPV < 0$ , investované finance se za dobu životnosti 25 let nevrátí, nebo naopak jestliže bude hodnota  $NPV \geq 0$  podnik vložené finance minimálně vrátí. Hodnota NPV se vypočítá součtem předcházejícího diskontovaného Cash flow a daného řádku diskontovaného Cash flow.

Příklad výpočtu:

**rok: 2014**

$$0 + (-177\,300) = -177\,300 \text{ Kč}$$

Rok 2014 je počáteční, proto dosazují 0, dosazovaná hodnota Diskontovaného Cash flow je -177 300 Kč

**rok: 2015**

$$-177\,300 + (-14\,625\,200) = -14\,802\,500 \text{ Kč}$$

Po druhém roku projektu je hodnota NPV z předcházejícího roku -177 300 Kč, od této hodnoty odečítám Diskontované cash flow 2015 ve výši -14 625 200 Kč, výsledek je záporný, tzn. Podnik je za tento rok ve ztrátě

**rok: 2016**



$$-14\,802\,500 + (-513\,000) = -15\,332\,200 \text{ Kč}$$

Pro rok 2016 je analogicky dosazeno s předcházejícími roky, v tomto roce je podnik opět ztrátový.

#### **rok: 2028**

$$-11\,861\,300 + 610\,600 = -8\,687\,300 \text{ Kč}$$

V poslední roce šetření v roce 2028 jsem zjistil, že za období životnosti projektu 25-ti let bude podnik ve ztrátě - 8 687 300 Kč. Zde je třeba podotknout, že bude organizace fungovat delší dobu než je navrhovaných 25 let, tím by mohl podnik časem vložené finance navrátit.

#### **6.4.4 Index rentability**

Index vyjadřuje, jaké množství peněžních prostředků v Kč čistého přínosu připadne na jednu investovanou korunu. Vypočítá se jako rozdíl NPV a investic.

$$NPV/I = \frac{NPV}{(CF_0)} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{(CF_0)}$$

Projekt je přijatelný, když  $NPV/I \geq 0$ , analogicky není přijatelný v případě výsledku podmínky  $NPV/I < 0$ .

Příklad výpočtu:

#### **rok: 2015**

$$NPV/I_{2015} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{(CF_0)}$$

$$NPV/I_{2015} = \frac{-4802,5}{15500,0} = -0,31$$

#### **rok: 2016**



$$NPV/I_{2016} = \frac{\sum \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{(CF_0)}$$

$$NPV/I_{2016} = \frac{-5332,2}{15500,0} = -0,34$$

**rok: 2028**

$$NPV/I_{2028} = \frac{\sum \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{(CF_0)}$$

$$NPV/I_{2028} = \frac{-8687,3}{15500,0} = -0,56$$

**Tab. 21: Výsledky analýzy projektu [15]**

Kriteriální ukazatel	Jednotka	Výsledná hodnota
<b>Finanční čistá současná hodnota (NPV)</b>	tis. Kč	-8687
<b>Index rentability (NPV/I)</b>	index	-0,56
<b>Diskontovaná doba návratnosti (DDN)</b>	rok	N

#### **6.4.5 Výsledek ekonomického zhodnocení**

Na základě výpočtů, které jsou uvedeny viz. Tab. 20: Cash flow a Tab. 21: Výsledky analýzy projektu je zřejmé, že daný projekt není přijatelný, protože hodnota NPV je záporná, tento fakt značí, že projekt není vhodný k realizaci, protože vložená investice se nevrátí po dobu životnosti 25 let tohoto projektu. V roce 2028 je hodnota NPV -8687300 Kč.



Index rentability je po celou dobu životnosti projektu menší než 1, a v roce 2028 jeho hodnota dosahuje -0,56. Z toho vyvozují, že realizace projektu by byla pro zřizovatele nevýnosná.

Vzhledem k těmto skutečnostem doporučuji, aby byl projekt zamítnut.

Na začátku realizace jsou výdaje větší, ty souvisí počáteční realizací projektu, kde bude přijatý úvěr ve výši 15,5 mil. Počáteční náklady na energie byly 90 tisíc Kč. Mimo jiné se tu odrazí výdaje vynaložené na reklamu, která souvisí s přilákáním turistů do muzea lesní železnice. Po další roky výdaje klesají, snižuje se také každoročně velikost úvěru, rostou příjmy především za jízdné, zvyšuje se návštěvnost, tudíž čisté Cash flow je kladné (hodnoty čistého Cash flow od roku 2017 nabývají kladných hodnot. Tudíž i diskontované Cash flow od roku 2017 nabývá kladných hodnot.

Do roku 2016 je NPV po celou dobu realizace záporné, ale záporná hodnota se od roku 2016 snižuje. Ale tento pokles není dostatečný k tomu, aby projekt mohl být doporučen k realizaci.

Výnosnost neboli rentabilita projektu je po celou dobu životnosti záporná. Od roku 2017 se záporná hodnota indexu rentability snižuje, ale i to nestačí k tomu, aby projekt na konci svojí životnosti byl realizovatelný.

## 7. ZÁVĚR

Na základě celkového projektu na obnovu Rajnochovické lesní železnice jsem dospěl k názoru, že za stávajících podmínek je projekt nerealizovatelný. Kompletní realizace projektu musí být vybudována „na zelené louce“, což je oproti ostatním konkurenčním železničním značný hendikep. Při sběru dat jsem zjistil, že u ostatních úzkokolejek měli majitelé vždy vybudovaný základní areál s vozidly a zajištěním, které se dochovalo z bývalého provozu. Stačilo tedy pouze renovovat stávající vozidla atd.

Pro realizaci projektu obnovy Rajnochovské lesní železnice bude nutno navrhnout několik úsporných opatření. Projekt je nutno naplánovat do více etap tak, aby si projekt vždy něco na sebe vydělal a poté mohl investovat do dalšího rozvoje. Jako první bych navrhoval výstavbu budovy depa a muzea, které by se sloučily do jedné budovy a tím tak ušetřit náklady na výstavbu a později na energie. Spolu s tím bych navrhoval provoz „vlaku“ na pneumatikách, který by nebyl zdaleka tak finančně náročný, odpadla by velmi drahá položka na výstavbu trati. Takovýto vláček by měl větší variabilitu trasy, bylo by možné svázat turisty z turistických center (Tesák, Troják atd.) do areálu muzea. Na těchto trasách není zřízena veřejná doprava, což by zajisté zvýšilo návštěvnost areálu lesní železnice. Takovýto vlak by se dal velice snadno přemístit na jednorázové akce (hody, festivaly, pouti atd.) kde by se velmi rychle zhodnotila jeho ekonomická hodnota. Navíc by šlo o velice účinnou formu propagace a reklamy na lesní železnici v Rajnochovicích.

V další etapě po zajištění dostatečného množství financí navrhuji postavit železniční trať směrem k penzionu Ve Dvoře, kde je turistické centrum a autobusová stanice. Délka trasy by byla cca 0,5 km. Tímto by se zvýšil okruh případných zájemců o jízdu po železnici a návštěvu muzea.

V poslední etapě navrhuji přistoupit na realizaci původního plánu, a tím je výstavba a provoz vlaku po původní trase lesní železnice v Rajnochovicích.

Celkově se prodlouží doba realizace projektu s tím, že odpadne riziko bankrotu organizace. Snahou by mělo být vytvoření projektů v souladu s dotačními

programy na rozvoj venkova a turismu. V okruhu úspor na vozidlech se již více šetřit nedá, protože projekt počítá s použitým hnacím vozidlem a výrobou vlastních tažených vozidel svépomocí.

## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### **Předpisy vztahující se na železnice o rozchodu 600 mm, úzkorozchodné lesní železnice a úzkorozchodné železnice s osobní dopravou:**

- [1] Československé štátne lesy, n.p., Oblastné riaditeľstvo v Bratislave.  
*Návestné a dopravné predpisy pre úzkorozchodné lesné železnice ČSŠL*. 1950.
- [2] ESBO. Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen. 1972–2008.
- [3] BO P. *Bau- und Betriebsordnung für Pioniereisenbahnen*. 1979.
- [4] BGV D 30. *Unfallverhütungsvorschrift Schienenbahnen*. 1986–1998.
- [5] ČHŽ DP. *Dopravný predpis*. 2009.

### **Odborná literatura zabývající se úzkorozchodnými železnicemi:**

- [6] von RÖLL, Viktor. *Enzyklopädie des Eisenbahnwesens* [online].  
2. vyd. Berlin/Wien : Urban & Schwarzenberg Verlag, 1912–1923.  
2008. Dostupné z www: <<http://www.zeno.org/Roell-1912>>.
- [7] SKATULA, Leo. *Inženýrské stavby lesnické část V. : Lesní železnice*.  
Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1953.
- [8] BINDER, Róbert. *Inžinierske stavby lesnícke III. zväzok : Lesné železnice*. 1. vyd. Bratislava : Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1958.
- [9] MAREK, D. KANTOR, T. *Příprava a řízení projektů strukturálních fondů Evropské unie*. Brno: Barrister a Principal, 2009. 215s. ISBN 978-80-87029-56-5.

### **Odborná literatura vztahující se k železnicím:**

- [10] Široký, J.: *Mechanika v dopravě I: Kolejová doprava*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004, 122 s. ISBN 80-248-0536-7.
- [11] Široký, J.: *Mechanika v dopravě II: Příklady*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006, 122 s. ISBN 80-248-1252-5.
- [12] Škarpa, P.: *Provoz dep I..* VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004, 93 s. ISBN 80-248-0540-5.

- [13] Škarpa, P.: *Provoz dep II*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004, 117 s. ISBN 80-248-0670-5.
- [14] Hoza, M.: *Obnova lesní železnice v Rajnochovicích: Diplomová práce*. Brno 2011, 60 s. VUT v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb.
- [15] Indruchová, M.: *Marketingová analýza projektu „Obnova Rajnochovské lesní železnice“*. Diplomová práce. Ostrava 2010, 76 s. VŠB Ostrava. Ekonomická fakulta. Katedra Evropské integrace.

#### **Internetové publikace**

- [16] RAJNOCHOVICKÁ LESNÍ ŽELEZNICE [online].  
2011 [cit. 2011-5-16]. Dostupné z www: <<http://www.rlz.bilysklep.cz/>>
- [17] MUZEUM PRŮMYSLOVÝCH ŽELEZNIC [online].  
2008 [cit. 2012-3-10]. Dostupné z www: <<http://www.mpz.cz/>>
- [18] MLADĚJOVSKÁ PRŮMYSLOVÁ DRÁHA [online].  
2013 [cit. 2012-4-1]. Dostupné z www: <<http://www.mladejov.cz>>
- [19] KABEDEX [online].  
2010 [cit. 2012-4-21]. Dostupné z www: < <http://kabedex.cz/>>
- [20] FERRIT [online].  
2005 [cit. 2012-5-2]. Dostupné z www: < <http://www.ferrit.cz/>>
- [21] ZLÍNSKÝ KRAJ. *Program rozvoje cestovního ruchu Zlínského kraje: SWOT analýza a strategie rozvoje cestovního ruchu* [online]. 2009. [cit. 2012-5-12].  
Dostupné z www:  
<<http://www.krzlinsky.cz/docDetail.aspx?nid=3325&docid=29586&doctype=ART&did=3333>>.

## 9. PŘÍLOHY

S04 Podélný řez

M 1:2000/200

